

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMÉRICA”

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA
EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN LA
PRODUCTIVIDAD”

Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

AUTOR:

DARWIN ROBERTO MOYA MEJÍA

TUTOR:

ING. FABIÁN ALBERTO SARMIENTO ORTIZ

QUITO - ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Informe de tesis sobre el tema: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD”** presentado por Darwin Roberto Moya Mejía, estudiante del programa de la “Universidad Tecnológica Indoamérica” para optar por el título de Ingeniero Industrial, CERTIFICO que dicho informe de tesis ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Quito, 27 de marzo de 2017

El TUTOR

Ing. Fabián Alberto Sarmiento Ortiz
C.I. 010439391-3

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

El informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero industrial presente, fue íntegramente elaborado sin plagio alguno, con resultados veraces, reales y propios del estudio realizado, de exclusividad académica y legal del autor.

Quito, 27 de marzo de 2017

EL AUTOR

Darwin Roberto Moya Mejía

C.I. 1712114865

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Darwin Roberto Moya Mejía, declaro ser autor del Proyecto de Tesis, titulado “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 27 días del mes de marzo del año 2017, firmo conforme:

Autor: Darwin Roberto Moya Mejía

Firma:

Número de Cédula: 1712114865

Dirección: Carcelén Psje. Juan Gómez Oe2-33 y Francisco Sánchez

Correo Electrónico:darwin.moya@hotmail.com

Teléfono: (02) 247-5190

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal Examinador aprueban el Informe de tesis, sobre el Tema: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD” del estudiante Darwin Roberto Moya Mejía, de la carrera de Ingeniería Industrial de la “Universidad Tecnológica Indoamérica”

Quito, 27 de marzo de 2017

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

VOCAL

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por permitir que mi familia sea el motivo principal de superación personal en mi vida y poder labrar un futuro próspero de trabajo, sacrificio y logros para con ellos. A mi esposa Criss, amada compañera en el mejor camino de mi vida, por brindarme dos bellos hijos frutos de un amor y apoyo incondicional. A Mateo mi primogénito entrañable, el mejor de los hermanos que ha sabido llenarme de alegrías y logros propios suyos. A Dóminic hijo mío nuevo miembro de la familia por colmar la vida de nuevas ilusiones. A mis padres Roberto y Carmen por ser un constante empuje en la culminación de mi carrera.

Darwin

AGRADECIMIENTO

Dios gracias por colocar en mi vida metas a ser culminadas y cumplidas a cabalidad, objetivos que a lo largo de mi vida he llevado a cabo siendo este uno de ellos. Gracias a mi familia entera, mis padres Roberto y Carmen, hermanos Patricia y Xavier por promover en mí el sentido de superación académica personal y humana. En especial a mi esposa Criss y mi hijo Mateo por superar tantos días de ausencia y apoyo durante el transcurso de mis estudios. A la empresa Tigre Ecuador S.A. por su ayuda brindada en estos siete años de vida profesional y el desarrollo de la misma.

A los ingenieros, docentes, compañeros y todos quienes me extendieron su mano en el transcurso del desarrollo de mi carrera universitaria.

Darwin

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	3
Planteamiento del problema	3
Contextualización.....	3
Árbol de problemas	9
Análisis crítico.....	10
Prognosis	11
Formulación del problema.....	11
Delimitación del objeto de la investigación	11
Delimitación Espacial:	12
Justificación.....	12
Justificación técnica	12

Justificación económica	13
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	15
Antecedentes de la investigación	15
Fundamentación técnica tecnológica.....	16
Fundamentación legal.....	16
Categorías Fundamentales.....	17
Constelación de Ideas de la variable independiente	18
Constelación de Ideas de la variable dependiente	19
Desarrollo de marco teórico	20
Hipótesis.....	30
Señalamiento de variables	30
Variable Independiente:	30
Variable dependiente:.....	30
Definición de términos técnicos	30
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	31
Enfoque de la Modalidad	31

Cuantitativa	31
Cualitativa	31
Modalidad básica de la investigación.....	31
Nivel o Tipo de investigación	32
Descriptiva.....	32
Comparativo	32
Correlación	32
Población y Muestra.....	32
Operacionalización de variables.....	36
Plan de recolección de la información	38
Aplicación de los instrumentos de recolección de la información	39
CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	40
Procesamiento y análisis de la información	40
Análisis e Interpretación de datos	41
Análisis de la situación actual	54
Verificación de la hipótesis	69
Conclusiones y Recomendaciones de la investigación	70
CAPÍTULO V PROPUESTA	71
Título	71

Datos Informativos	71
Antecedentes de la propuesta	71
Objetivos de la propuesta	72
General	72
Específico	72
Justificación de la propuesta.....	73
Económica	73
Técnica	74
Desarrollo de la propuesta.....	74
Factibilidad.....	74
Manual.....	80
Introducción.....	86
Objetivo	86
Alcance.....	86
Glosario	86
Procedimientos	88
ARRANQUE DE LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN	88
Método de trabajo.....	118
Flujogramas	119

Perfil del Involucrado.....	121
Base jurídica.....	122
Validación de la información recolectada.....	122
Beneficio de la Propuesta.....	124
Conclusiones.....	131
Recomendaciones.....	132
BIBLIOGRAFÍA.....	133
Bibliografía.....	133
ANEXOS.....	136
Anexo 1.....	137
Anexo 2.....	138
Anexo 3.....	139
Anexo 4.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución del mercado de PVC por regiones y aplicaciones en 2002	4
Figura 2: Consumo per Cápita de PVC 2002.....	5
Figura 3: Consumo de PVC en Latinoamérica 2004	6
Figura 4: Empresas Productoras de plástico en Ecuador	7
Figura 5: Árbol de problemas	9
Figura 6: Red de categorías	17
Figura 7: Constelación de ideas variable independiente	18
Figura 8: Constelación de ideas variable independiente	19
Figura 9 : Partes de una extrusora de husillo único.	22
Figura 10: Flujo del proceso de extrusión de tubería PVC	22
Figura 11: Flujo de materiales dentro del proceso de extrusión.	23
Figura 12: Productos ofertados empres Tigre Ecuador S.A.....	33
Figura 13: Proceso de extrusión de tubería PVC	41
Figura 14: Maquinaria requerida en el proceso de extrusión de tubería	41
Figura 15: Producción real - Noviembre.....	43
Figura 16: Desperdicios-Noviembre	44
Figura 17: Producción real - Diciembre.....	46
Figura 18: Desperdicios - Diciembre	47

Figura 19: OEE diario para el mes de noviembre	50
Figura 20: Eficiencia General de los Equipos-noviembre.....	51
Figura 21: OEE diario para el mes de diciembre.	53
Figura 22: Eficiencia General de los Equipos - Diciembre.....	54
Figura 23: Correlación entre disponibilidad y OEE para todos los datos	60
Figura 24: Correlación entre rendimiento y OEE para todos los datos.....	63
Figura 25: Correlación entre calidad y OEE para todos los datos.....	66
Figura 26: Esquema de la distribución de equipo en la Línea de extrusión	77
Figura 27: Organigrama específico para la línea de producción.	78
Figura 28: Línea de Extrusión de tubería PVC	80
Figura 29: Diagrama de Gantt de seguimiento.	82
Figura 30: Cabezal de extrusión, partes	89
Figura 31: Herramientales	90
Figura 32: Pantalla control de la extrusora.....	91
Figura 33: Teclado de control	91
Figura 34: Pantalla táctil interactiva para ingreso de temperatura	92
Figura 35: Cuadro de ingreso de temperatura para confirmación.	92
Figura 36: Encendido de Resistencias en Extrusora	93
Figura 37: Filtro de Agua	95

Figura 38: Máquina extrusora	96
Figura 39: Cabezal de extrusión.....	96
Figura 40: Tina de enfriamiento y Vacío	97
Figura 41: Tina de enfriamiento y Vacío y su conexión con el cabezal de extrusión.....	98
Figura 42: Botón de adelantamiento y de retorno en tablero de control de tina	98
Figura 43: Equipo Halador	99
Figura 44: Panel de control Haladora, botones principales.....	100
Figura 45: Cabezal de corte.....	101
Figura 46: Máquina Cortadora	101
Figura 47: Área acampanadora de tubos y acumulación.....	103
Figura 48: Finales de carrera de acampanadora	103
Figura 49: Panel de control para los hornos y acampanadora.....	104
Figura 50: Centrado del Tubo	106
Figura 51: Tablero de encendido de las tinas de vacío y enfriamiento	107
Figura 52: Encendido del halador	108
Figura 53: Regulador de Velocidades en el Halador y HMI.....	109
Figura 54: Panel de encendido de cortadora	110
Figura 55: Pantalla de calibración de longitud de corte	111

Figura 56: Pantalla Interfaz de manejo de cortadora.....	111
Figura 57: Calibración del equipo de corte y bisel.....	112
Figura 58: Calibración de la longitud de corte de la tubería.	112
Figura 59: Panel de control de acampanador y señales.....	113
Figura 60: Calibración y colocación de pines para acampanadora	114
Figura 61: Probetas para pruebas de ensayo	115
Figura 62: Flujograma para el proceso de arranque de línea a cargo del operador	119
Figura 63: Flujograma para procesos auxiliar de mantenimiento de línea.....	120
Figura 64: Método de enfriamiento por agua en el acampanamiento de tubería	126
Figura 65: Acampanadora con dos tubos de trabajo aprovechando los tiempos de producción.....	127
Figura 66: Sensores finales de carrera para decisión de los tiempos de actuación en hornos	127
Figura 67: Organigrama propuesto para la empresa Tigre S.A.....	137
Figura 68: Zona de acampanadora y despacho de tubos	139
Figura 69: Recepción de Tubos Procesados.....	139
Figura 70: Protección de los hornos de acampanadora a alta temperatura	140
Figura 71: Registro de producción extrusora	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Productividad durante el año 2016 para la máquina extrusora.	34
Tabla 2: Variable Independiente Procesos de extrusión de PVC.....	36
Tabla 3: Variable Dependiente Productividad	37
Tabla 4: Recolección de información para el estudio	38
Tabla 5: Datos de producción Mes noviembre 2016.....	42
Tabla 6: Datos de producción Mes diciembre 2016.....	44
Tabla 7: Calculo de OEE para el mes de noviembre 2016.....	49
Tabla 8: Calculo de OEE para el mes de diciembre 2016.....	52
Tabla 9: Resumen OEE para cálculo de correlación.....	55
Tabla 10: Valores para correlación con la disponibilidad para meses noviembre diciembre.....	58
Tabla 11: Tabla de resumen de correlación disponibilidad vs OEE	59
Tabla 12: Tabla de resumen de correlación r^2	61
Tabla 13: Valores para correlación con rendimiento para meses noviembre diciembre.....	62
Tabla 14: Valores para correlación con calidad para meses noviembre diciembre	64
Tabla 15: Tabla de resumen de correlación r^3	65
Tabla 16: Correlación lineal entre dos variables	67

Tabla 17: Actividades.....	82
Tabla 18: Normas procedimientos generales	118
Tabla 19: FICHA IDENTIFICATIVA DEL PROCESO	123
Tabla 20: Registro OEE diario para el mes de febrero de 2017.....	129
Tabla 21: Resumen de OEE diario, noviembre y diciembre 2016.....	138
Tabla 22: Modelo de Check List para el arranque de equipo, a cargo de operario	141

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD”

Autor:

Darwin Roberto Moya Mejía

Tutor:

Ing. Fabián Alberto Sarmiento Ortiz

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación plantea el problema de la pérdida productiva que existe en la línea de extrusión de tubería de PVC en la empresa Tigre SA. Las paradas injustificadas, la alta cantidad de desechos y la baja producción de elaborados, han marcado una subutilización de la empresa. Si a todo esto se suma la falta de comunicación entre los mandos productivos como son la coordinación con ventas, marketing, calidad y producción. Para ello se estudiará el rendimiento diario que tiene los equipos productivos para averiguar cuáles son las principales causas que generan esta pérdida en el índice productivo seleccionado para la evaluación. En base a esta evaluación se espera proponer el respectivo manual que permita estandarizar las acciones que generen un incremento productivo de la empresa. La observación para la recopilación de la información fue fundamental, empaparse del proceso productivo e identificar las carencias en el proceso es vital para la sustentación del presente informe.

DESCRIPTORES: Ingeniería industrial, manual de operaciones, indicadores de productividad, Extrusión de PVC

TECHNICAL UNIVERSITY “INDOAMÉRICA”

SCHOOL OF INDUSTRIAL ENGINEERING

TOPIC: “ANALYSIS OF THE PVC EXTRUSION PROCESS IN THE COMPANY TIGRE ECUADOR SA. AND IT’S IMPACT ON PRODUCTIVITY”

Research report submitted as a prerequisite to obtaining the title of Industrial Engineer

Author:

Darwin Roberto Moya Mejía

Tutor:

Ing. Fabián Alberto Sarmiento Ortiz

ABSTRACT

The present investigation presents the problem of the productive loss that exists in the line of extrusion of PVC pipes in the company Tigre SA. The unjustified stops, the high amount of waste and the low production of processed products, have marked an underutilization of the company. If to all this is added the lack of communication among the production controls such as coordination with sales, marketing, quality and production. To do this we will study the daily performance of productive teams to find out which are the main causes they generate is lost in the productive index selected for the evaluation. Based on this evaluation, it is hoped to propose the respective manual to standardize the actions that generate a productive increase of the company. The observation for the collection of information was fundamental, soaking up the productive process and identifying the gaps in the process is vital for sustaining the present project.

WORDS: Industrial Engineering, Operations Manual, Productivity Indicators, PVC Extrusion

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación es destinado al aumento de la productividad y confiabilidad en la línea de producción Battenfeld Cincinatti BEX 92, referente a tuberías de cloruro de polivinilo “PVC”, en la empresa TIGRE ECUADOR S.A. La misma que posee anomalías corregidas temporalmente, alteraciones en herramientas de fabricación debido a deformaciones en partes claves de determinados equipos, entre otras.

La línea extrusora de PVC, Battenfeld Cincinatti BEX 92 tiene una capacidad de producción de 700 Kg/hora, en la actualidad la línea de producción se encuentra limitada reduciendo su productividad a un promedio 300 Kg/hora; a medida que se incrementa velocidades de producción la calidad del tubo disminuye considerablemente, por tal motivo se pretende mediante el análisis del equipo encontrar las causas raíces de estos impases productivos y generar acciones correctivas que permita la solución a los problemas.

Por esta razón, para satisfacer el mercado nacional, incremento de productividad y confiabilidad del equipo, la empresa de tubos y conexiones “TIGRE ECUADOR S.A.” permite realizar el proyecto de **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD.”** siendo la base o plan piloto para lograr el incremento de indicadores tanto de productividad como de confiabilidad en la planificación de producción, inmiscuyendo la optimización de recursos y el mantenimiento.

En este estudio se utilizará como base la información proporcionada por la empresa como son: Listado de activos, tiempos de producción registrados con anterioridad y limitaciones de fabricación en la línea de producción antes mencionada.

Con este análisis la empresa “TIGRE ECUADOR S.A.” logrará definir costumbres operacionales y de repotenciación para los equipos restantes, en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Percibe: tema, planteamiento del problema, árbol de problema, análisis crítico, prognosis, formulación del problema, delimitación de la investigación, justificación, objetivo general y objetivos específicos.

Capítulo II: Percibe: marco teórico, antecedentes de la investigación, fundamentación, red de categorías, constelación de ideas de la variable dependiente e independiente, hipótesis y señalamiento de variables.

Capítulo III: Percibe: metodología, enfoque de modalidad, modalidad básica de la investigación, niveles o tipos de investigación, población – muestra, Operacionalización de variable dependiente e independiente, recolección de información, procesamiento y análisis.

Capítulo IV: Percibe: análisis de resultados, análisis textual, verificación de la hipótesis, conclusiones y recomendaciones.

Capítulo V: Percibe: propuesta, tema, datos informativos de la empresa, objetivo general, objetivos específicos, justificación de la propuesta, desarrollo de la propuesta, metodología, modelo operativo, calculo, diseño y selección de componentes, evaluación de impacto, análisis de costos, análisis costo beneficio, VAN, TIR, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Tema:

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD”

Planteamiento del problema

Contextualización

Macro

“Aimplas (Instituto Tecnológico del Plástico) Las fábricas de PVC se encuentran entre las más seguras de la industria química. Sus procesos e instalaciones se someten a una continua mejora y modernización, estando dotadas de las mejores tecnologías disponibles para la minimización y el control de las emisiones. Así se ha ratificado durante la jornada de reciclado llevada a cabo por Aimplas (Instituto Tecnológico del Plástico) en referencia a un material, de carácter versátil, con numerosas aplicaciones”(I.T.P; 2015).

En 1930 B.F.Goodrich Chemical declara que mediante estudios realizados el PVC puede ser plastificado y al ser debidamente procesado se transforma en un producto flexible, y posteriormente en combinación con estabilizantes adecuados inicio su desarrollo comercial como PVC rígido a **nivel mundial**, tomando renombre a partir de la segunda guerra mundial, fue la alternativa para la reparación de alcantarillados y sistemas de agua que presentaron daños por los bombardeos en Alemania, creando así, varios ingenieros y científicos la industria de tubería en PVC.

Los procesos para modelar materiales plásticos en la antigüedad marcaban un alto nivel de peligro en la ejecución, utilizando el vapor como fuente de calor y la fuerza

humana como plastificador de la materia; en 1935 Paul Torester en Alemania construye la primera máquina extrusora de termoplásticos cambiando el calor a base de vapor por electricidad, y en Italia a partir de estas fechas mejora el proceso de extrusión mediante el concepto de compresión por husillos gemelos hasta la actualidad.

En las últimas décadas, los procesos productivos y la globalización del mercado han sido marcados por el rendimiento y competitividad de cada una de las compañías según el mercado al que pertenezcan, convirtiendo estos elementos en el pilar fundamental para mejorar continuamente la productividad de las empresas basada en la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria.

El PVC se encuentra en la cabeza del sector industrial en cuanto a la gestión ambiental, pues no existe ningún material que tenga un menor impacto en el área de la construcción, siendo hasta el año 2000 el 55% de su producción destinada a esta área; la composición del PVC procede de recursos ilimitados ya que el 57% es de la sal común y el 43% originado del petróleo.

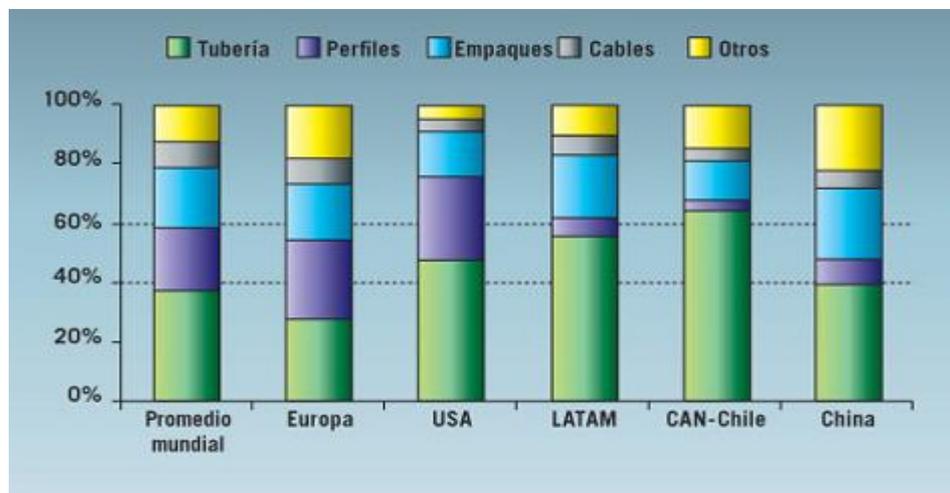


Figura 1: Distribución del mercado de PVC por regiones y aplicaciones en 2002

Fuente: CMAI, análisis PETCO

Elaborado por: Autor

Para el 2004 el mercado mundial del PVC considera alrededor de 27 millones de toneladas por año. El sector de infraestructura y construcción hace referencia al 66% de la producción global. El resto de aplicaciones cuantifica el 12% del mercado total.

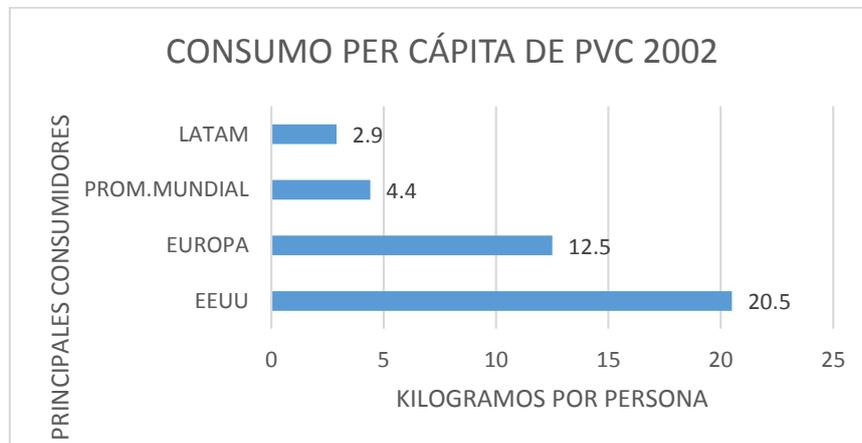


Figura 2: Consumo per Cápita de PVC 2002

Fuente: CMAI, análisis PETCO

Elaborado por: Autor

En Latinoamérica el consumo de PVC redondea los 1.5 millones de toneladas por año siendo el 5% del consumo mundial, La Mercosur es el área más importante de consumo, con el 46% del consumo total, a continuación, México con el 22%. La Comunidad Andina y Chile redondea el 20% del mercado latinoamericano o, aproximadamente, el 1% del mercado mundial, como se indica en la **Figura 3**.

El consumo de PVC es creciente en todo el mundo en los últimos 20 años por tanto la competitividad como índice de la productividad define la capacidad que tiene una empresa para el incremento paulatino de producción con costo mínimo y su participación en el mercado.

Las empresas con una estructura bien definida pretenden optimizar su productividad priorizando la confiabilidad de sus equipos y la mano de obra calificada reduciendo así costos de producción elevados por fallas los dos pilares antes mencionados.

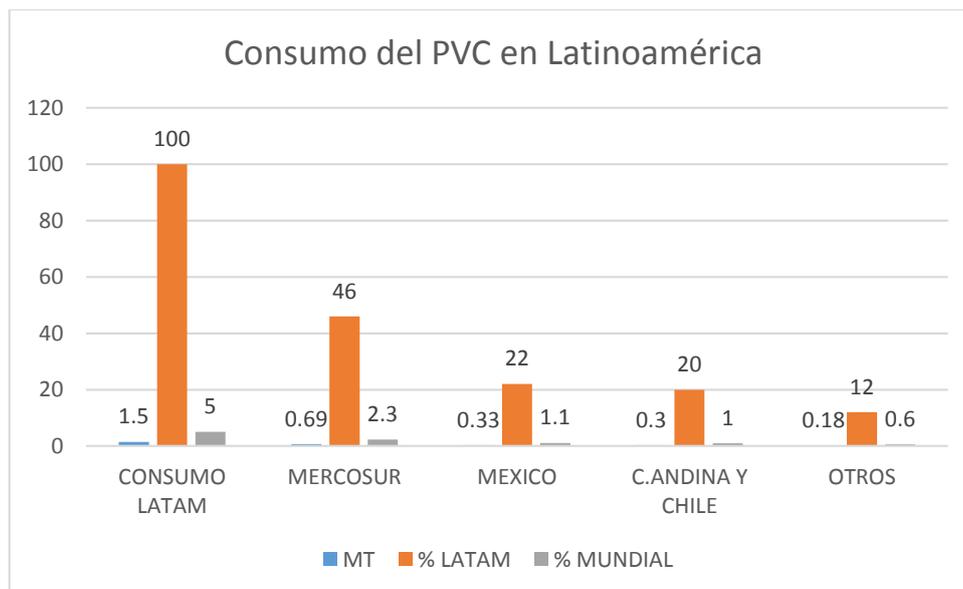


Figura 3: Consumo de PVC en Latinoamérica 2004

Fuente: PVC, tendencias y oportunidades para la industria en América latina

Elaborado por: Autor

Meso

En 1958 da inicio a la industrialización del plástico en el Ecuador, y en 1971 la transformación del PVC para su comercialización en el mercado teniendo empresas insignias que acaparan la línea de producción de tubería de PVC con más de 50 años de servicio convirtiendo su trayectoria y reconocimiento en el principal obstáculo para el crecimiento empresarial nacional de TIGRE ECUADOR S.A.

(Revista Lideres) Para el 2015 en el Ecuador el consumo per cápita anual de plástico es de 20kg, por debajo de los 50 kg alcanzados por América latina. El crecimiento también es parte fundamental pues este genera alrededor de 15000 empleos directos y que el año pasado presentó un incremento de 9,5% en compa con el 2013.

En el Ecuador funcionan casi 600 empresas de plásticos según **Aseplas (2015)**, la asociación de plásticos del Ecuador entre las cuales casi el 18% de las mismas son

dedicadas a la elaboración de tubería y accesorios para el área de la construcción e infraestructura, para la fabricación de envases el 67% y el resto a diferentes procesos y accesorios.

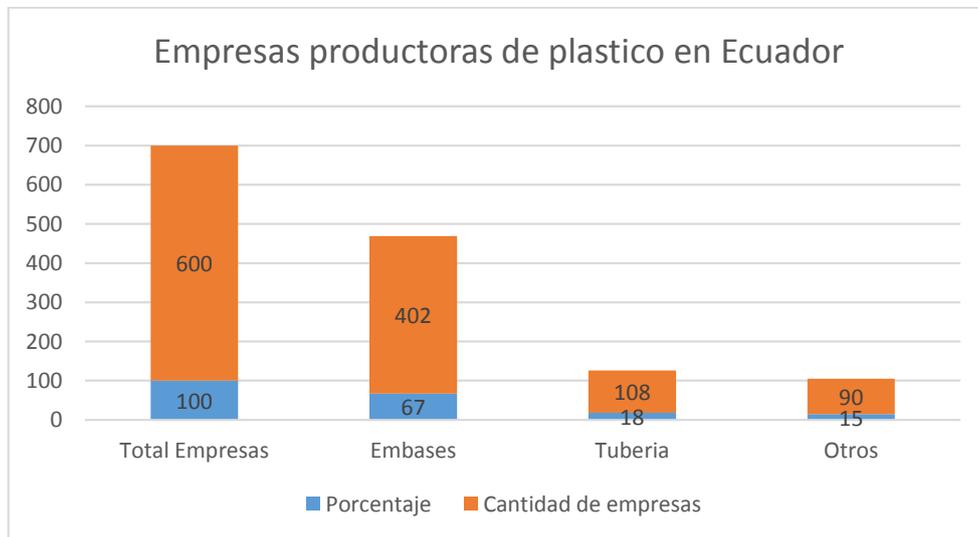


Figura 4: Empresas Productoras de plástico en Ecuador

Fuente: Aseplas, Asociación de plásticos del Ecuador

Elaborado por: Autor

Al seguir estos lineamientos, el actual informe pretende impulsar la productividad de la compañía como apoyo para llegar a la madurez empresarial a **nivel nacional**, teniendo en cuenta que la madurez consiste en generar nuevas estrategias tanto empresariales como tecnológicas, entre ellas cumplir con la demanda de productos mejorando la disponibilidad de los equipos y efectividad de los mismos.

Se considera este trabajo como proyecto piloto para la ejecución en los equipos restantes de la compañía y contrarrestar la oferta por parte de la competencia en el país al incrementar la eficiencia de los equipos y generar procedimientos confiables.

Micro

En la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Calderón se encuentra situada la empresa TIGRE ECUADOR S.A., cuya demanda de productos está limitada a la capacidad efectiva de sus equipos derivada en limitaciones funcionales halladas en las líneas de producción, omitidas por la gestión productiva y mantenimiento.

El proceso de producción comprende dos grupos o áreas principales, el área de mezclado y el área de producción. En el área de mezclado o mixer se prepara el compuesto mediante mezcladores automatizados y dosificación estandarizada según el producto para ser extruido posteriormente en el área de producción. En el área de producción se extruye la tubería requerida por el cliente, dependiendo de la necesidad, medida o diámetro se elige y planifica la línea de producción apta para el requerimiento.

De acuerdo a la demanda existente al momento los procesos y procedimientos deben ser eficaces, siendo entre los principales inconvenientes la falta de procesos y procedimientos para la ejecución del proceso de fabricación, paros no programados por daños no previstos, alto costo de mantenimiento, costos de producción elevados, mala operación de equipos, fallas de fábrica, productividad del equipo reducida, elementos con desgaste necesarios de recambio.

Adicional existe la falta de conocimiento operacional, el proceso de extrusión en Ecuador no es considerado una carrera como lo es en Brasil, planta matriz, el 85% del personal operacional que milita en la empresa es empírico mientras que el 15% posee conocimientos básicos del proceso; por tal motivo la insatisfacción de los clientes queda expuesta al no cumplir con sus pedidos en tiempos determinados, perdiendo la confiabilidad en el nicho de mercado actual y el posicionamiento a nivel nacional.

El presente trabajo contempla incrementar la capacidad productiva en una línea de producción que posee varias limitantes y que en la actualidad trabaja al 40 por ciento de su capacidad nominal. Y generar impactos positivos en el proceso productivo, disminuir paros prolongados ocasionados por falla en el equipo y ampliar la productividad en el mismo.

Árbol de problemas

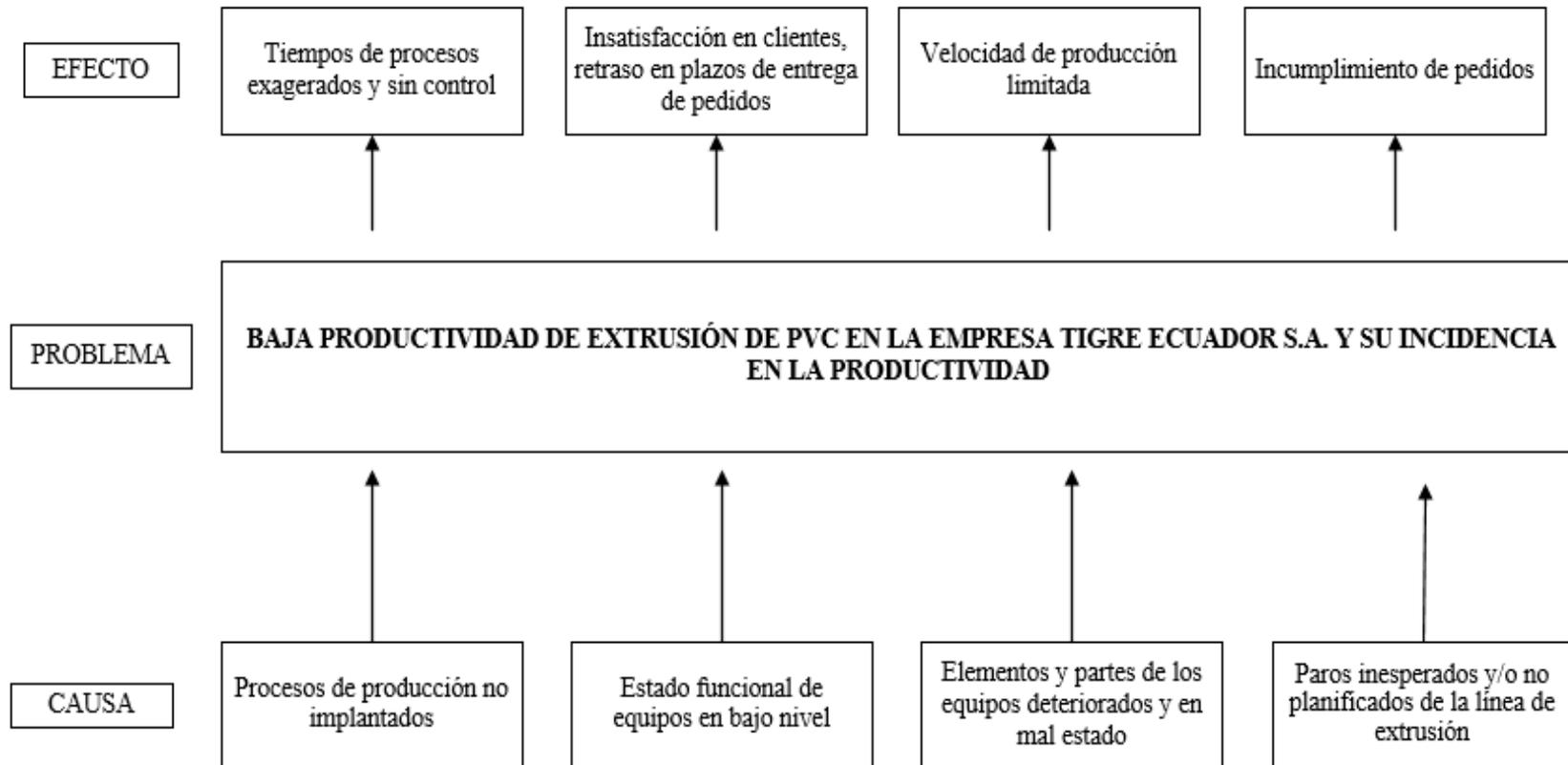


Figura 5: Árbol de problemas

Elaborado por: Darwin Moya

Análisis crítico

En base a la observación de los procesos, los datos proporcionados y las conversaciones con los operadores de línea y supervisores de producción se ha podido detectar los problemas mencionados en el árbol anterior.

Los procesos de producción no implantados, es decir la falta de organización en la ejecución de las operaciones productivas genera tiempos de producción no estandarizados por lo que no se conoce si realmente son excesivos o no. Al no existir un proceso normado para la ejecución muchas de las acciones son realizadas de manera empírica y por voluntad del operador.

Las paradas injustificadas así mismo como los tiempos en que los equipos pasan inutilizados o en bajo uso, pueden generar retrasos productivos por la falta de planeación en las órdenes y pedidos. Tigre Ecuador posee equipos de alta gama de producción pero que por razones exentas a la gestión de mantenimiento disminuyeron su capacidad productiva a menos de la mitad de su capacidad nominal, generando inconvenientes para lograr indicadores mensuales de producción de una manera holgada referente a tiempos impropios de ejecución y confiables. Al ejecutar el proyecto propuesto incrementará la capacidad de la línea de extrusión para elevar la disponibilidad de maquinaria, menor gasto de producción y maquinas confiables eliminando problemas productivos.

La falta de la planeación de los mantenimientos, así como la verificación previa a los arranques de línea con el objetivo de prevenir daños de mayor gravedad, hacen que los componentes del equipo se deterioren y por ende generen paras en la producción, lo que perjudica a la empresa.

Los paros inesperados, no planificados, reproceso de productos no conformes, daños no previstos, tiempos muertos por daños de maquinaria muy extensos restan la capacidad productiva de la empresa, por lo que los indicadores productivos marcan valores de utilización bajos, provocando así una visión nada clara de la calidad del producto y gastos innecesarios en el proceso.

Prognosis

El no crear un procedimiento acorde para la línea de extrusión que sea aplicable por parte de los operadores puede generar tiempos improductivos, paradas involuntarias y más grave aún daños en los equipos que involucren partes complejas a la línea.

En caso de no implementar procesos de producción los tiempos de fabricación serán exagerados y sin control alguno.

Si el estado funcional de los equipos permanece en bajo nivel existirá retraso en los plazos de entrega de los pedidos provocando insatisfacción en los clientes.

De no acoger el cambio de elementos y partes deterioradas o en mal estado las velocidades de producción seguirán limitadas sin poder reducir tiempos productivos, en el mejor de los escenarios mantener velocidades de producción actuales.

En caso de no reflejar acciones para contrarrestar los paros por fallos inesperados o no planificados, el incumplimiento de pedidos será uno de los puntos más vulnerables y críticos en el proceso productivo.

De no acoger las recomendaciones que se generaran con el estudio próximo a realizar, la línea de producción puede generar daños más graves y tiempos de para con tendencia a incrementarse debido a la vida útil de los componentes, acrecentando costos y pérdidas de producción.

Formulación del problema

¿Cómo incide el proceso de extrusión de la línea de fabricación de la tubería de PVC sobre la productividad de la empresa Tigre S.A.?

Delimitación del objeto de la investigación

Delimitación de Contenidos:

CAMPO: Empresarialidad y productividad

ÁREA: Ingeniería Industrial

CAMPO: Mantenimiento industrial y producción

ASPECTO: Productividad

Delimitación Espacial:

La investigación se desarrollará en el área de producción, galpón 1, línea de extrusión Battenfeld Cincinatti BEX 92 de la empresa Tigre Ecuador S.A., de la ciudad de Quito, Carapungo, calle el vergel lote N°19.

Delimitación temporal: Desde marzo 2016 a noviembre 2016

Justificación

Justificación técnica

Tigre Ecuador S.A., es una multinacional con su planta matriz en Joinville - Brasil dedicada a la fabricación de tubos y conexiones en PVC, siendo la columna vertebral del proceso la materia prima, maquinarias – equipos y personal operativo, anualmente planta matriz destina rubros para la ejecución de proyectos denominados RBI, el mismo que en caso de no ser utilizado será eliminado de la planificación para el siguiente año, por tal motivo, por ser parte de la columna vertebral y porque tecnológicamente una máquina debe garantizar la calidad del producto y reducir gastos con su óptimo funcionamiento se observa la necesidad de invertir en este proyecto para contrarrestar los problemas productivos que la línea de producción está presentando, entre los principales son:

- Daños sin repuestos programados, matrimonio fusible mecánico.
- Modificaciones en herramientas por deformaciones de la araña en el cabezal
- Cortadora planetaria con daños en sus poleas dentadas y rodamientos con ruidos anómalos

- Sistema hidráulico de acompañadora evidencia fugas de aceite en bloques de mando, y activación de cilindros en hornos dispares

El interés por mejorar la confiabilidad del equipo mediante la repotenciación del mismo es para ofrecer producto garantizado en tiempos programados y satisfacción en el cliente.

Justificación económica

La **importancia** del proyecto a realizar se proyecta en la reducción de costos de producción, disminución de producto para reprocesar, disminución de desecho productivo (scrap), reducción de tiempos de producción, reducción de sobresueldos. Es decir toda mejora, repotenciación o modificación del proceso permite ahorro monetario significativo para la empresa y aumenta la satisfacción tanto en los clientes como en el personal operativo.

La **utilidad teórica** en el proyecto se presenta al desarrollar los procesos, estudio de tiempos y movimientos y formatos de control que serán generados para evaluar la incidencia en el proceso productivo. Sirviendo como plan piloto para la repotenciación en otras líneas de extrusión operativas en la Tigre Ecuador S.A.

La **utilidad práctica** se manifestará al detallar la propuesta de mejora y solución al problema de capacidad reducida de producción de la línea en la actualidad, acelerando el proceso de transformación de la materia prima preparada a producto terminado.

La autorización de este proyecto tiene el consentimiento de los altos mandos de la empresa evidenciando la **factibilidad** ya que se dispone del recurso económico destinado al proyecto, catálogos y bibliografía necesaria, talento humano con conocimientos y criterio técnico, recursos tecnológicos propios de la empresa y tiempo disponible para la ejecución del proyecto.

El **beneficiario directo** es Tigre Ecuador S.A., al presentar las alternativas para solucionar los inconvenientes hallados en el estudio, las soluciones serán fundamentadas

satisfaciendo los requerimientos productivos de los clientes. Y los **beneficiarios indirectos** es el personal operativo aumentando su productividad y disminuyendo tiempos de ejecución en sus labores.

Los objetivos planteados por la empresa tanto productivos como en seguridad operacional y de calidad en el producto son más factibles de lograr creando un mejor ambiente laboral y generando clientes conformes.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el proceso de producción en la línea de extrusión de tubería de PVC, en la empresa Tigre Ecuador S.A. y su incidencia en la productividad.

Objetivos Específicos

- Definir el proceso de producción para la línea de extrusión de PVC.
- Determinar la capacidad productiva de la línea de extrusión de PVC.
- Evaluar la eficiencia global del equipo de extrusión de PVC para tubería

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la investigación

El presente apartado se detalla brevemente ciertas fuentes consulta que permitirán obtener información y conceptos sobre el plan de estudio que se desea aplicar en el presente trabajo con el propósito de generar posteriormente una solución.

Como se puede verificar en la fuente (Guano Moreno & Rosero Garzón, 2015) en su trabajo titulado “Incremento del OEE en una inyectora de plástico basándose en la repotenciación del sistema de control” donde se analiza la mejora del OEE (Eficiencia Global del Equipo), mediante un sistema de control que usa un software con el propósito de mejorar el manejo de equipos.

Mediante esta tesis se espera analizar cómo se realizan los cálculos de OEE que les permite analizar el rendimiento del equipo, al igual que las pautas que generar mejora en el sistema de procesos de dicha planta.

En el trabajo correspondiente a (Chamorro Enríquez & Acosta Chango, 2016) llamado “Estudio e Implementación de un Sistema de Automatización para el Incremento del OEE en un Pulpo Serigráfico” donde mediante un estudio de OEE se decide implementar un sistema de automatización para el pulpo serigráfico manual. Según el estudio se mejora el rendimiento, de un 25% a un 68%.

Se espera que realizando consulta en esta fuente se pueda encontrar que métodos se aplican para realizar el cálculo del OEE con el propósito de mejorar la productividad de la línea de extrusión de tubería.

Según la fuente (Guayta López & Chimbo Cunalata, 2009) en su trabajo titulado “Reingeniería de los procesos de producción de la empresa Holviplas S.A.” se plantea un reingeniería de procesos con el propósito de mejorar sus procesos productivos, la

distribución de planta, el espacio, el estudio de máquinas y personal para poder incrementar la productividad. Realizando diversos estudios de tiempos, movimientos y métodos para así concluir los obstáculos que representan su baja productividad en cada uno de los procesos de fabricación.

Se espera que mediante esta fuente se pueda encontrar lo relacionado a como aumentar el aprovechamiento de capacidad de máquinas que actualmente están sobredimensionadas o que no se les está dando el uso adecuado.

Fundamentación técnica tecnológica

Según la norma RTE - INEN 030:2011 se regula la producción de tubos y accesorios plásticos, cuyo objetivo es el de garantizar el cumplimiento de los requisitos para la producción de los mismos para así evitar riesgos para la salud, la vida, seguridad de la persona y del medio ambiente y evitar perjuicios a los usuarios.

La norma ISO 15877 que titula: Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría de manera similar a la primera regula los procesos de fabricación mediante observación de los productos obtenidos.

Fundamentación legal

Según el sitio web de la empresa, El Grupo Tigre es líder brasileño en la fabricación de materiales plásticos para construcción y uno de los más grandes del mundo, con actuación en 40 países, contando con 9 fábricas en Brasil y 12 en el exterior, en los países: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, Paraguay, Perú y Uruguay. Sinónimo de innovación y calidad, su marca es referencia en los mercados en los cuales actúa. Por lo que tiene todos los permisos legales para desarrollar y comercializar sus productos mediante su matriz establecida en el Ecuador.

Categorías Fundamentales

Organizador Lógico de Variables

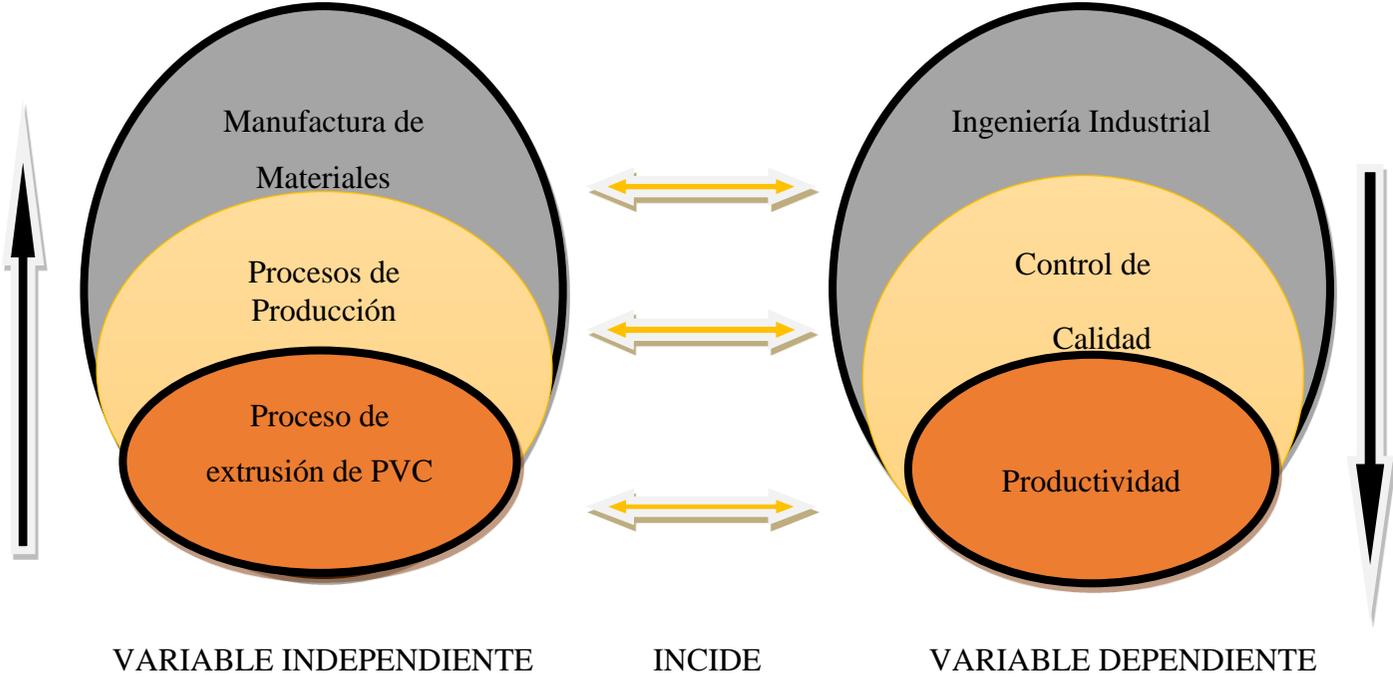


Figura 6: Red de categorías

Elaborado por: Darwin Moya

Constelación de Ideas de la variable independiente



Figura 7: Constelación de ideas variable independiente

Elaborado por: Darwin Moya

Constelación de Ideas de la variable dependiente



Figura 8: Constelación de ideas variable independiente

Elaborado por: Darwin Moya

Desarrollo de marco teórico

Manufactura de materiales

Según (UMSS Facultad de Ciencias y Tecnología, 2016), los materiales de ingeniería se clasifican en: metales y no metales dentro de la categoría de los no metálicos se tiene a: los cerámicos y polímeros; entre los metales los cerámicos y los polímeros se forma un grupo de tres materiales básicos utilizados en la manufactura. Sus características químicas como físicas y mecánicas son diferentes; estas diferencias afectan los procesos de manufactura. Además de estas tres categorías básicas existe otra: los materiales compuestos, los cuales son mezclas no homogéneas de los otros tres tipos básicos de materiales.

Con esta definición se hace una primera aproximación hacia la manufactura de un polímero como el PVC, dependiendo del tipo de material con el que se desea trabajar, esto debido a sus características, conviene usar diferentes procesos.

Procesos de producción

De acuerdo a (Retos en supply chain, 2016), proceso de producción son las actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. Aquí intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas con el propósito de satisfacer la demanda. Los factores de producción son trabajo, recursos y capital que aplicados a la fabricación se podrían resumir en una combinación de esfuerzo, materia prima e infraestructura.

Mediante este concepto se puede comprender que un proceso de producción no es más que las actividades destinadas a la fabricación en el caso de este proyecto, tubería extruida en PVC que representa un bien, con el propósito de satisfacer un nicho de mercado que requiere del mismo.

Extrusión de PVC

Según (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) la extrusión es cualquier operación de transformación en la que el material fundido pasa por una boquilla de manera forzada para llenar un volumen o forma determinada. Desde el punto de vista de los plásticos la extrusión es uno de los procesos más utilizados de transformación.

El sitio web (plásticos, 2016) dice que a extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma más o menos compleja (hilera), de manera tal, y continua, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio. Este proceso de extrusión tiene por objetivos, proceso que es normalmente continuo, usarse para la producción de perfiles, tubos, películas plásticas, hojas plásticas, etc.

Es común que en procesos de extrusión el polímero con el que va a trabajar sea suministrado en estado sólido y cuando este sale de la extrusora, esta líquido o fundido, estando listo para adquirir la forma que se desee.

Usualmente en una extrusora de husillo único se puede presentar las siguientes etapas:

- Transporte de material sólido hacia la zona de fusión
- Fusión o plastificación del material
- Transporte o bombeo del fundido
- Mezclado
- Desgasificado
- Conformado

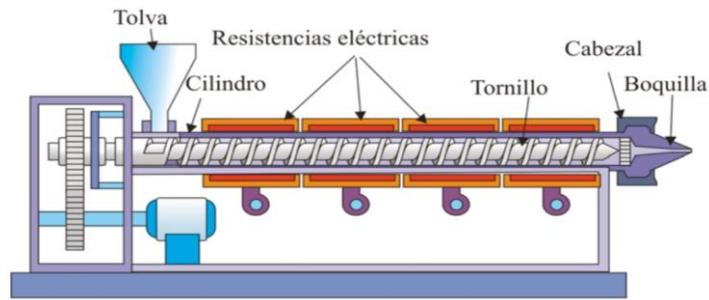


Figura 9 : Partes de una extrusora de husillo único.

Fuente: (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012)

Dentro de la producción de tubería de PVC, el proceso se compone de maquinaria adicional que complementa al proceso, se incluyen las tinas de vacío, halador, cortadora y acampanadora. En los gráficos siguientes se puede visualizar el proceso de producción de manera general.

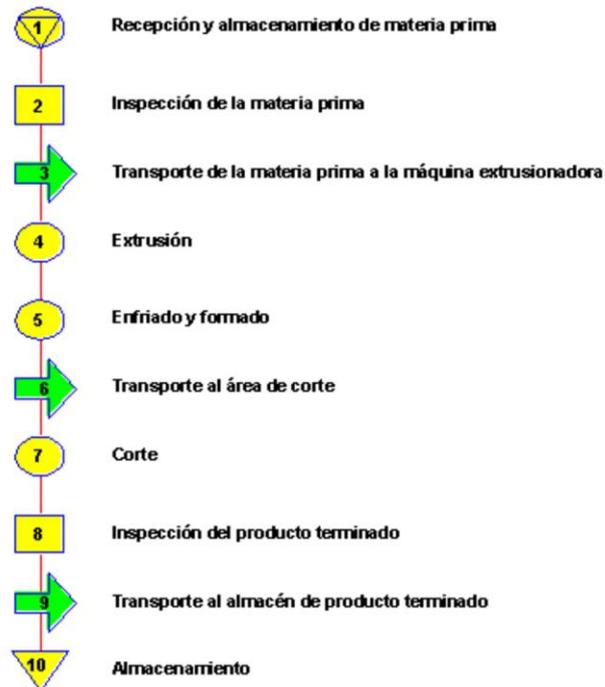


Figura 10: Flujo del proceso de extrusión de tubería PVC

Fuente: (Guías empresariales)

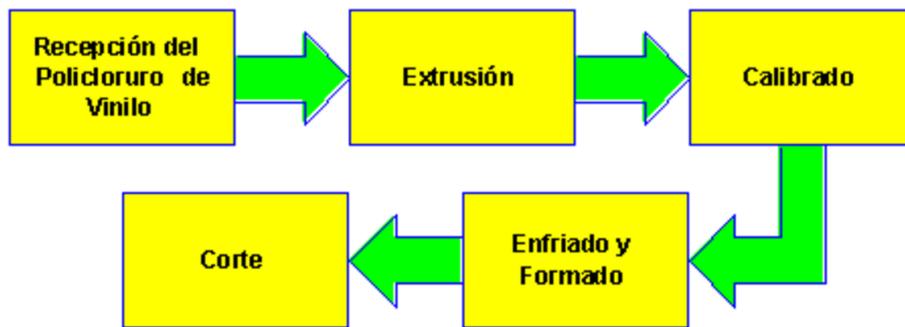


Figura 11: Flujo de materiales dentro del proceso de extrusión.

Fuente: (Guías empresariales)

Cilindro

Según (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) el cilindro de calefacción contiene al tornillo. Es de superficie rugosa para mejorar el efecto de pulverización del polímero y es de material muy resistente. En el cilindro generalmente se ubican los sistemas de transferencia de calor. El sistema de calor puede ser manipulado independientemente para obtener un gradiente de temperatura de acuerdo al polímero de trabajo.

Tornillo extrusor

El tornillo o husillo es un eje largo con un filete helicoidal que transporta el material a fundirse desde el ingreso a la salida. El giro del tornillo genera la presurización del material hasta la salida. Su rotación es la que ocasiona el avance del material en estado de función por la máquina.

Garganta de alimentación

Según (Beltrán Rico & Marcilla Gomis, 2012) las gargantas de alimentación están conectada con la tolva a través de la alimentación que facilita y ordena la caída del material al interior de la máquina.

Tolva

La tolva es el contenedor por donde ingresa en un único el material, pasa por la garganta de alimentación y la boquilla de entrada garantizando un flujo constante del material.

Plato Rompedor

El plato rompedor está colocado al final del cilindro y es un disco delgado con varios agujeros, con el fin de soportar un paquete de filtros que atrapan los contaminantes para que no salgan con el producto extruido

Cabezal y boquilla

El cabezal se ubica al final del cilindro sujetando la boquilla. El cabezal debe facilitar el flujo del material hacia la boquilla, y por consiguiente la boquilla es la que se encarga de moldear el plástico.

Ingeniería Industrial

De acuerdo con (Salazar Lopez, 2016), Ingeniería Industrial es una rama de las ingenierías para el análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos con el objetivo de gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización para lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios.

Conforme al concepto señalado en la parte superior la Ingeniería Industrial tiene la capacidad de que este proyecto que busca maximizar el rendimiento de una línea de producción sea adecuado para generar las opciones que consigan el fin propuesto.

Control de Calidad

De acuerdo a (Vega Arrega, 2008), El control de calidad es un sistema efectivo de los esfuerzos de varios grupos en una empresa para la integración del desarrollo del

mantenimiento y de la superación de la calidad con el fin de hacer posibles mercadotecnia, ingeniería, fabricación y servicio, a satisfacción total del consumidor y al costo más económico. Esto incluye el hecho de suministrar un producto o servicio en el cual su calidad haya sido diseñada, producida y sostenida a un costo económico y que satisfaga por entero al consumidor.

Este concepto permite visualizar la importancia de controlar la calidad de un producto de manera que no solo se satisfaga al cliente si no se le genere confianza y seguridad al utilizarlo. La calidad solo se consigue mediante la integración de todas las partes en el proceso productivo, trabajando de manera coordinada para en el caso de este proyecto producir el mejor bien producto.

Productividad

Según el sitio (DefiniciónABC, 2016), productividad es la capacidad de algo o alguien de producir, ser útil y provechoso. La productividad resulta ser la relación entre lo que se produce y los medios empleados para producir, la mano de obra, los materiales, la energía, entre otros. Productividad se relaciona a la eficiencia y al tiempo, porque cuanto menor sea el tiempo que lleve el obtener el resultado deseado más productivo será el sistema.

La productividad se ve impactada por factores como: (Alvarez Moro, 2008)

- La calidad y disponibilidad de los recursos naturales materia prima de los futuros productos.
- La estructura de la industria y los cambios de los sectores, incluyendo si permite entradas de nuevos competidores o no, ampliando la competitividad e incentivando la mejora de los productores.
- El ritmo de progreso tecnológico, más y mejor tecnología mejora el nivel y la calidad de tecnología utilizada en la producción.
- La calidad de los recursos humanos que son el principal aporte de una empresa.

- El entorno macroeconómico, que puede facilitar o entorpecer la participación en la economía de los distintos actores, que son los empresarios y los trabajadores.
- El entorno microeconómico, que puede facilitar o entorpecer la forma de trabajar diaria los distintos actores, por ejemplo, que el gobierno imponga muchas regulaciones al funcionamiento de la economía **impacta la productividad negativamente.**

Conforme a lo mencionado anteriormente la productividad se influencia directamente con la efectividad de producir algo en el menor tiempo, contando con la mano de obra capacitada para obtener un producto de calidad.

Reducción de gasto innecesario

El sitio web (Work Meter Buen Trabajo, 2012), la reducción de costos en las empresas es un movimiento que tarde o temprano las organizaciones tienen que cometer. Hoy más que nunca la frase control de gastos está de moda y las empresas se preocupan en aplicar políticas, entre otras, de contención y ahorro en energía, flotas y desplazamientos, y gastos generales. Para todas ellas surgen ideas y soluciones que facilitan la reducción de gastos, el control y la eficiencia en el uso, pero todas ellas conllevan un riesgo de disminución de la producción y de la satisfacción del empleado.

Reducir un gasto innecesario donde sea detectado, siempre generará un beneficio a la empresa. Muchas veces no son observados y son considerados como gasto corriente en el caso de mantenimiento y reparación de equipos, muchas veces conviene adquirir uno nuevo versus su alto costo de mantenimiento por fallas consecutivas.

Parada no esperada

Según (Mantenimiento Planificado), los paros pueden ser eliminados completamente a través del mantenimiento preventivo. El primer paso hacia el mejoramiento, es eliminar las fallas en los equipos por quienes los operan. Una falla resulta de la pérdida del funcionamiento normal de cierta componente de un equipo, (Deterioro). Por ejemplo, mal operación de un sistema, ensamble, sub - ensamble e

incluso una parte. Esta pérdida de funcionamiento normal, indica que las fallas de los equipos no están limitadas a un inesperado paro que conduzca a una suspensión total. Aun cuando el equipo siga trabajando, el deterioro puede causar varias pérdidas pequeñas, como; bajo rendimiento, pérdida de velocidad, tiempos ciclos mayores, más largos y difíciles puesta a punto, ajustes, tiempo ocioso y paros bajos.

Los paros y defectos serios, son así de evidentes y son sin duda los casos en que las causas solas provocan un defecto de calidad o un tiempo perdido. Desperfecto que no es visto y no es tratado, se le llama desperfecto oculto y será el disparo de un paro. Por lo tanto se tendrán que exponer los defectos ocultos y restaurar las condiciones óptimas del equipo antes de su deterioro.

Las siguientes cinco medidas ayudan a eliminar los desperfectos: (Mantenimiento Planificado)

1. Regularice las condiciones básicas de: Limpieza, lubricación y reapriete.
2. Apegarse a los procedimientos de operación.
3. Elimine el desperfecto.
4. Mejore las debilidades del diseño.

5. Mejore las habilidades y destrezas de los operadores y operarios de mantenimiento.

Muchas de las veces que un paro ocurro tiene que ver con personal que falla en la práctica o implementación de una medida preventiva sencilla. Cuando se genera un procedimiento de mantenimiento por parte del respectivo departamento a cargo se ahorraría mucho más que al sufrir un paro en la cadena productiva.

Capacidad del equipo

Según (Guerra Garcia), la capacidad operativa se refiere a la utilización de la infraestructura y conocimientos disponibles para fabricar productos o bienes y servicios que optimicen su uso, con el fin de lograr niveles de eficiencia y productividad. El

hecho de disponer de sistemas o procesos productivos que conduzcan a una mayor cantidad de producción o de ventas con menor costo o menor infraestructura, es un signo verídico de fortaleza estructural de una compañía. De hecho es el elemento esencial de la competitividad, que si se acompaña del producto adecuado para el cliente, puede garantizar importantes retornos de largo plazo. Esta característica es indispensable para participar en mercados altamente competitivos y globalizados.

Conocer sobre la capacidad que tiene un equipo, su eficiencia y la cantidad de tiempo que se lo utiliza ayuda a estimar de manera acertada la cantidad de elementos que se pueden producir en un determinado tiempo. Si la capacidad es limitada para la producción requerida puede ser necesario incrementar una máquina más o buscar una cuya su capacidad abarque nuestras necesidades.

Capacitación de mano de obra

Según (Frigó), Capacitación, o desarrollo de personal, es toda actividad realizada en una organización, respondiendo a sus necesidades, que busca mejorar la actitud, conocimiento, habilidades o conductas de su personal.

De manera general la capacitación busca:

- Perfeccionar al trabajador en las actividades que desempeña dentro del puesto de trabajo.
- Que el obrero persiga también los objetivos de la empresa.
- Garantizar un producto de calidad que cumpla los procedimientos y calificaciones requeridas.

Una organización invierte recursos con cada colaborador que es seleccionado para incorporarlo, y capacitarlo. Para proteger esta inversión, la organización debería conocer el potencial de sus hombres. Esto permite saber si cada persona ha llegado a su techo laboral, o puede alcanzar posiciones más elevadas. También permite ver si hay otras tareas de nivel similar que puede realizar, desarrollando sus aptitudes y mejorando el desempeño de la empresa.

Otra forma importante en que la organización protege su inversión en recursos humanos es por medio del planeamiento de carrera. Estimula las posibilidades de crecimiento personal de cada colaborador, y permite contar con cuadros de reemplazo (Frigo).

Reducción de tiempos de producción

Según (Administración de la cadena de suministro, 2014), para realizar un proceso se requiere métodos, reducción de tiempos, espacio y otras herramientas que por inercia o necesidades básicas son necesarias en el momento de llevar a cabo alguna actividad, sin embargo, los procesos críticos están sujetos a la conocida regla que dice que el tiempo es oro. Por ejemplo, cuanto más tiempo espere un cliente, tanto más probable será que opte por acudir a otro lugar. Cuanto más tiempo se tenga material en inventario, tanto más alto será el costo de la inversión. Existen unas cuantas excepciones en los servicios, donde una mayor cantidad de tiempo en el proceso puede llevar a más dinero.

Desafortunadamente los recursos siempre serán limitados y por ende suele esperarse resultado como los llamados cuellos de botella, donde no siempre aumentar la cantidad de equipos necesariamente indican una reducción de tiempo, se debe analizar muchos más aspectos. A continuación, se presenta ciertas ideas que podrían mejorar este aspecto.

Desempeñar actividades de forma paralela. Muchos procesos se desempeñan en secuencia. El enfoque en serie da por resultado que el tiempo de ejecución del proceso entero sea la suma de los pasos individuales más el transporte y el tiempo de espera entre pasos. La ingeniería concurrente puede ser una opción donde todos los campos de la producción se vinculan para mejorar la productividad.

- Cambiar la secuencia de las actividades. Los documentos y los productos muchas veces se transportan para llevarlos a las máquinas, a los departamentos, a los edificios y demás y, después, para traerlos de regreso lo que genera pérdidas de tiempo.

- Disminuir las interrupciones. Muchos procesos se efectúan con intervalos de tiempo relativamente largos entre actividades.

Hipótesis

El proceso de extrusión de PVC incide en la productividad de la empresa Tigre Ecuador S.A.

Señalamiento de variables

Variable Independiente:

Procesos de extrusión de PVC

Variable dependiente:

Productividad.

Definición de términos técnicos

PVC. - El policloruro de vinilo, es el derivado del plástico más versátil.

Tubería. - Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Enfoque de la Modalidad

Cuantitativa

Esta investigación tiene un enfoque de modalidad cuantitativo, es necesario la utilización de modelos matemáticos para el cálculo de la variable dependiente, y finalmente mediante indicadores proponer una alternativa viable y práctica para la mejora productiva en el proceso de extrusión de tubos de la empresa Tigres Ecuador S.A.

Cualitativa

En esta investigación intervendrá el enfoque del investigador, debida a su experticia en el área de extrusión de tubería PVC, ha adquirido criterios de mejora de la productividad, este enfoque cualitativo será esencial para el proyecto de investigación.

Modalidad básica de la investigación

La modalidad de esta investigación será en campo, primero se realizará un análisis de los procesos de la situación actual, posteriormente un análisis de resultados y finalmente una propuesta de mejora de productividad, se utilizarán los tipos de investigación descriptiva, comparativa y de correlación.

De Campo: Los datos para el proyecto se los toma directamente desde el seguimiento de producción de la empresa.

Nivel o Tipo de investigación

Descriptiva

Se utilizará este tipo de investigación para cuantificar mediante números y poder desarrollar los objetivos específicos de este proyecto de graduación.

Comparativo

Este tipo de investigación estudia si existen diferencias entre la situación actual de la empresa y la propuesta de mejora productiva de la empresa Tigres del Ecuador S.A.

Correlación

Este tipo de investigación implica una medida estadística llamada correlación esta puede ser positiva o negativa, para objeto de la investigación ayudara en el manejo de datos de la situación actual y para determinar que variables inciden en la mejora productiva de la empresa.

Población y Muestra

La empresa Tigres Ecuador S.A se dedican a la fabricación de productos presentes en obras y reformas, infraestructura y riego, la división de productos que oferta tigres se indica en la Figura 12.

De la población descrita anteriormente, el objeto de investigación es el proceso de extrusión de tubos en PVC, de acuerdo a la organización de productos este proceso es utilizado para producir los siguientes productos:

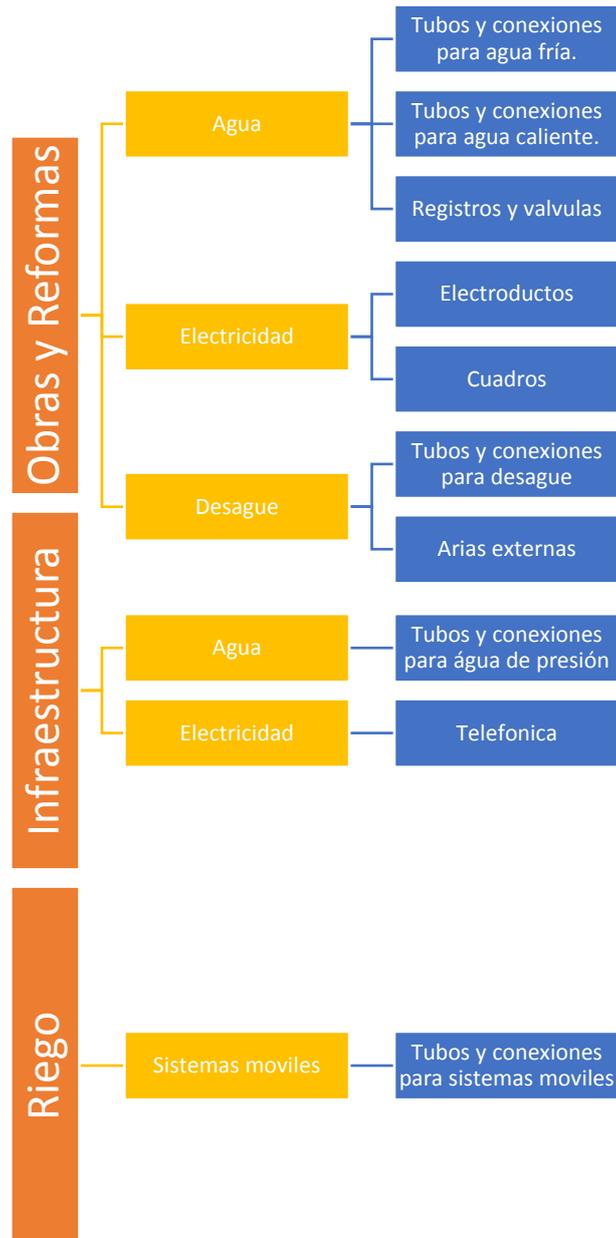


Figura 12: Productos ofertados empres Tigre Ecuador S.A

Elaborado por: Darwin Moya

Desagüe: Tubos y conexiones para desagüe.

Sistemas móviles: Tubos y conexiones para sistemas móviles.

Muestra

Para conocer la cantidad de meses que se requiere analizar (muestra), se toma como universo la producción anual durante el año 2016 según lo provisto por la empresa.

Tabla 1: Productividad durante el año 2016 para la máquina extrusora.

Mes	Producción Kg	Horas al mes (h)	Productividad kg/h
ENERO	169705.4	720	235.70
FEBRERO	47667.9	720	66.21
MARZO	0.0	720	0.00
ABRIL	0.0	720	0.00
MAYO	4131.5	720	5.74
JUNIO	16439.7	720	22.83
JULIO	119738.7	720	166.30
AGOSTO	0.0	720	0.00
SEPTIEMBRE	0.0	720	0.00
OCTUBRE	247539.5	720	343.80
NOVIEMBRE	238740.54	720	331.58
DICIEMBRE	129686.6	720	180.12
		SUMA	1352,28

Fuente: Tigre S.A.

Conforme se puede observar en la tabla superior se detalla el valor de producción en bruto de PVC de la línea extrusora de tubería, considerando la disponibilidad de 720 horas al mes que es producto de 24 horas por 30 días del mes, se calcula una medida de productividad en kg/h. Siendo así nuestra productividad promedio anual de 1352,28Kg/h.

Los meses cuyo valor de producción son cero se deben a que la línea estuvo parada sin realizar producción, pero con la capacidad de hacerlo, usando la ecuación que permite el cálculo de la muestra se tiene entonces:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{Z^2 * P * Q + N * e^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

Z= Nivel de confianza 95%

P= Probabilidad de ocurrencia 50%

Q= Probabilidad de no ocurrencia 50%

N= Población o universo (1352,28kg/h)

e= Nivel de error 3.5%

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 1352,28}{1.96^2 * 0.5 * 0.5 + 1352,28 * 0.035^2}$$

$$n = 496.27 \approx 500$$

Lo que quiere decir que si se cubre con una muestra equivalente al menos de 500 kg/h se tendrá una observación con la confiabilidad planteada, si se suma el equivalente a los meses de noviembre y diciembre que serán los más cercanos a las fechas de estudio se tiene:

$$n = 331.58 + 180.12$$

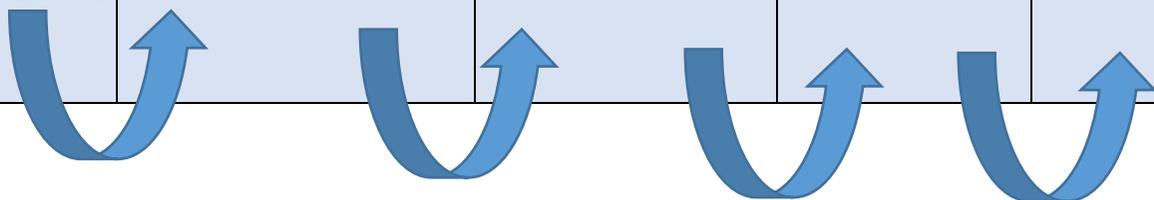
$$n = 511.7 \approx 500$$

Con el análisis de estos dos meses se presenta suficiente información para la observación de la productividad, además estos meses son consecutivos y presentara una distribución más uniforme en los datos.

Operacionalización de variables

Tabla 2: Variable Independiente Procesos de extrusión de PVC

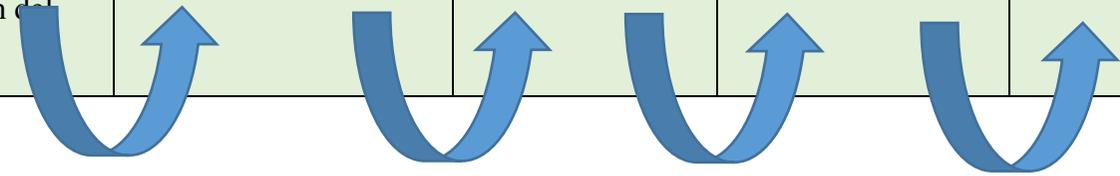
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
<p>El proceso de extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico en nuestro caso PVC a través de un orificio con forma más o menos compleja (hilera), de manera tal, y continua, que el material adquiera una sección transversal igual a la del orificio.</p>	<p>Tiempo de duración del proceso de extrusión de tubería en PVC.</p>	<p>Promedio de tiempo de extrusión y pérdidas que existen en el proceso.</p>	<p>¿Cuál es el tiempo de procesamiento dentro de la línea de extrusión de tubería en PVC?</p>	<p>Observación de registros y documentos del proceso.</p>



Elaborado por: Darwin Moya

Tabla 3: Variable Dependiente Productividad

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
<p>La productividad es la relación que existe entre el resultado de una actividad productiva y la utilización de los medios necesarios para la obtención de un determinado lote de producción. La productividad posee por naturaleza una relación de manera directa entre la eficiencia, eficacia y efectividad la cual permite poder plantear un análisis de medición entre la producción final, sus actores y los medios que fueron relativamente necesarios para la obtención del objetivo final.</p>	<p>El grado de productividad que genera la correlación entre las horas hombres utilizados y el número de unidades producidas en función de un tiempo definido.</p>	<p>Productividad generada por cada lote de producción.</p>	<p>¿Qué porcentaje de productividad se ha generado dentro del proceso de extrusión de tubería en PVC, en función del horario de trabajo?</p>	<p>Metodologías de gestión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería de Operaciones. • Diagrama de Operaciones



Elaborado por: Darwin Moya

Plan de recolección de la información

Con el propósito de realizar un estudio de la productividad de la línea de extrusión en la empresa Tigre específicamente la línea de producción relacionada a la máquina de extrusión de PVC BATTENFELD BEX.

Para ello se ha realizado un seguimiento, además que se ha compartido cierta información para la elaboración de este proyecto. Las fichas correspondientes a la producción diaria registran todos los valores para el control de la producción diaria ya sea esta en peso bruto o en cantidad de elementos producidos.

Se dispone de información pertinente a:

- Tiempos de operación, y disponibilidad de la maquinaria
- El valor de la producción diaria
- Los valores de Scrap (desperdicio) generados en el proceso.

La información necesaria para la realización de este informe se realiza conforme la siguiente tabla de información:

Tabla 4: Recolección de información para el estudio

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
Elección de procedimientos	3 días	17-12-16	19-12-16	
Planeación del estudio	3 días	20-12-16	22-12-16	1
Recopilación de datos	10 días	26-12-16	04-01-17	2
Análisis de la información	10 días	05-01-17	14-01-17	3
Registro de la información	5 días	15-01-17	19-01-17	3

Elaborado por: Darwin Moya

Aplicación de los instrumentos de recolección de la información

Para obtener la información necesaria para el presente informe se utilizarán las hojas de registro de producción proveídas por la empresa Tigre referente a la línea de extrusión L2. Estas hojas contienen valores de producción diaria, horas de funcionamiento, cantidad de desechos producidos y valores complementarios como las horas trabajadas por cada operador sobre la línea.

Estos instrumentos permitirán posteriormente realizar el análisis productivo pertinente que nos permita evaluar la situación productiva de la máquina de fabricación de tubería PVC.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Procesamiento y análisis de la información

La información recolectada se la analizará mediante un indicador de productividad conocido como OEE (Overall Equipment Efficiency) que significa eficiencia global del equipo, que además de analizar una máquina, permite evaluar el rendimiento productivo total de una empresa.

De la investigación realizada con respecto a los datos necesarios para el análisis OEE, efectuado en la empresa Tigre S.A de la ciudad de Quito, se tiene conocimiento de información referente a los meses de noviembre y diciembre de 2016, donde en las siguientes tablas se detalla la información correspondiente a:

- Fecha
- Tiempo de disponibilidad de la línea (TD)
- Tiempo de funcionamiento de la línea (TF)
- Producción Real (PR)
- Capacidad de la máquina (C)
- Desperdicios generados (D)

Esta información obtenida con respecto a los últimos meses proveerá la base para el análisis OEE de la línea de producción que contiene la máquina de extrusión de PVC Battenfeld Cincinatti BEX 92 instalada en la línea número 2 de la planta, donde se podrá analizar qué tan utilizado o desocupado se encuentra la línea y las posibles razones que generan este problema.

Con el objetivo de que se interprete mejor el proceso de extrusión que es motivo de estudio y sobre el cual se realiza la observación para el estudio, se muestra a continuación un esquema de la maquinaria involucrada en los esquemas.

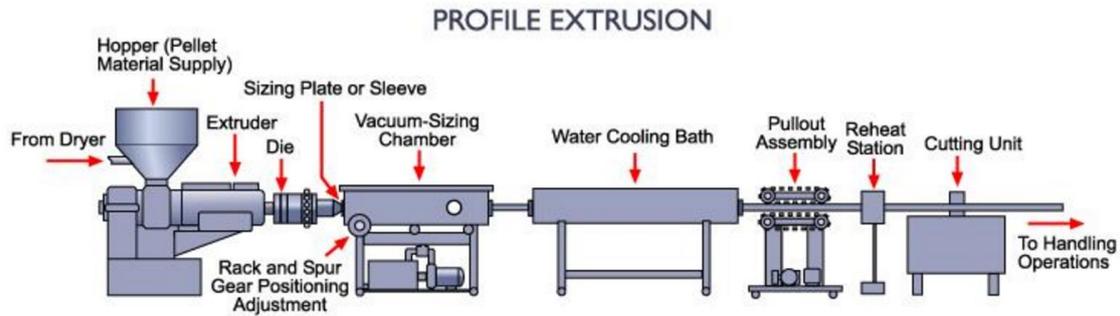


Figura 13: Proceso de extrusión de tubería PVC

Fuente: (Pipes, 2017)

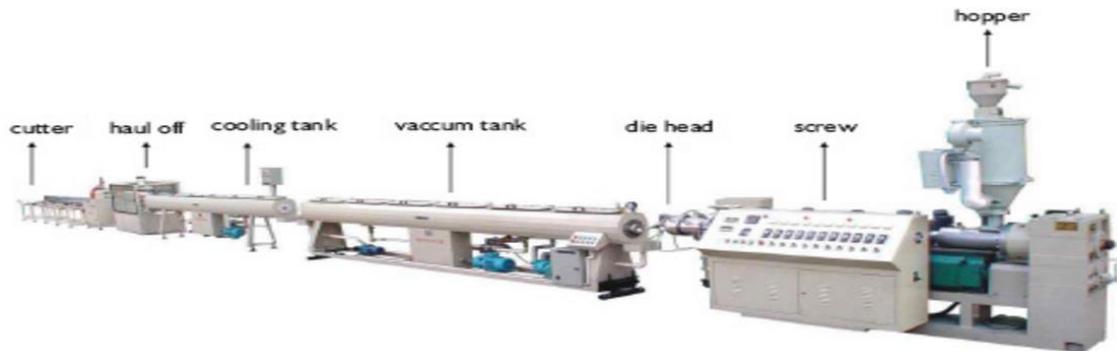


Figura 14: Maquinaria requerida en el proceso de extrusión de tubería

Fuente: (Indibay, 2017)

Análisis e Interpretación de datos

Según los cálculos expuestos anteriormente se presenta la Tabla 5 y Tabla 6 con la muestra, a la cual se le realizará el análisis de datos. Estas tablas contienen la información mencionada en el apartado anterior y selectamente estos valores permitirán evaluar el OEE diario como se analizará en las secciones siguientes.

Las unidades manejadas de manera general para estos valores son los kilogramos y las horas, como se indica en cada columna de la tabla.

Tabla 5: Datos de producción Mes noviembre 2016

Mes de Noviembre					
Fecha	TD (h)	TF (h)	PR (kg)	C (kg/h)	D (kg)
1/11/2016	24	23	9387.5	700	31.26
2/11/2016	24	23	7944.5	700	120.69
3/11/2016	24	24	9024.216	700	74.4
4/11/2016	24	24	8790.66	700	45.04
5/11/2016	24	24	9850.7604	700	8.51
6/11/2016	24	24	9408.9	700	69.5
7/11/2016	24	24	10081.395	700	205.28
8/11/2016	24	24	10746.159	700	8.9
9/11/2016	24	22	8399.7545	700	145.6
10/11/2016	22	22	5362.682	700	397.2
11/11/2016	24	24	8848.19	700	89.66
12/11/2016	19	19	4035.352	700	60.72
13/11/2016	24	24	5503.475	700	234.8
14/11/2016	24	23	6030.7845	700	16.1
15/11/2016	24	18	6707.5	700	105.85
16/11/2016	24	24	9637.5	700	105
17/11/2016	24	24	10454.57	700	89.8
18/11/2016	24	24	7672.7649	700	196.07
19/11/2016	24	23	8848.4604	700	48.8
20/11/2016	24	24	8769.08	700	14.5
21/11/2016	21	18	2450.1	700	410.6
22/11/2016	24	24	6748.95	700	941.63
23/11/2016	24	21	6634	700	238.8
24/11/2016	24	23	8629.87	700	112.94
25/11/2016	24	24	9098.27	700	186.35
26/11/2016	24	24	9963	700	280
27/11/2016	24	24	5875.5	700	519
28/11/2016	24	24	7950	700	276.75
29/11/2016	24	24	8475	700	371
30/11/2016	24	23	7411.65	700	482.45

Fuente: Tigre S.A.

Elaborado por: Darwin Moya

La Tabla 5 de la parte superior muestra el detalle del mes de noviembre de 2016 con la información más relevante sobre su producción. Se observa la disponibilidad de 24 horas en la mayoría de días y su respectivo tiempo de funcionamiento, además de la producción diaria, la capacidad del equipo que es invariante y los desperdicios generados. La recopilación diaria de la información permite llegar a obtener un grado de precisión para un valor de OEE diario.

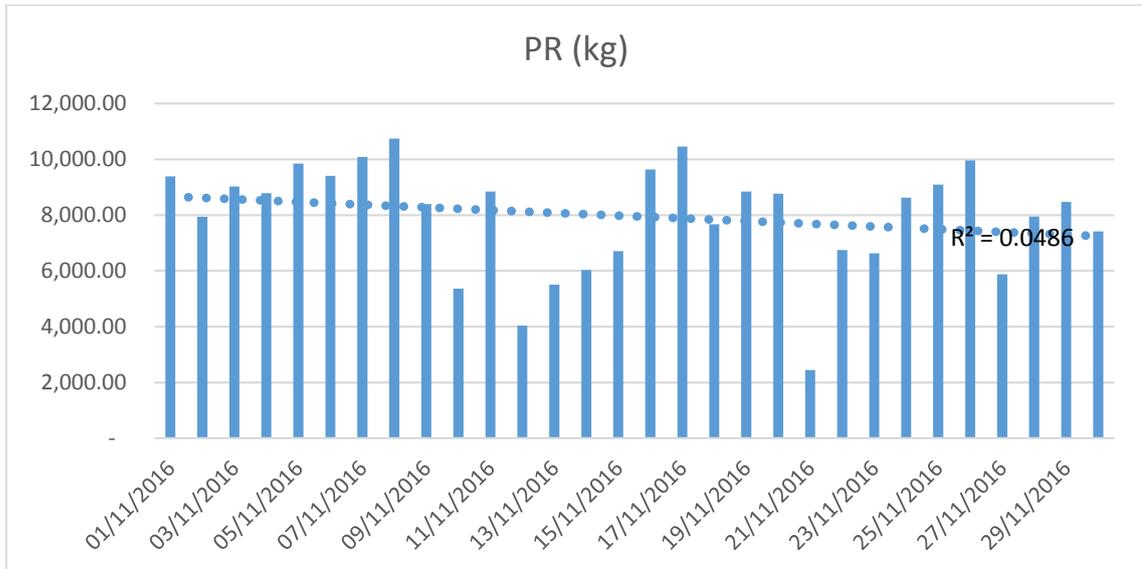


Figura 15: Producción real - Noviembre

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

En la **Figura 15**, se observa la representación de una línea de tendencia para la producción real diaria del mes de noviembre, el día séptimo del mes se observó la mayor producción real y para el día 21 se observó la producción real más baja. Sin embargo la línea de tendencia señala un decaimiento de producción a lo largo de los días.

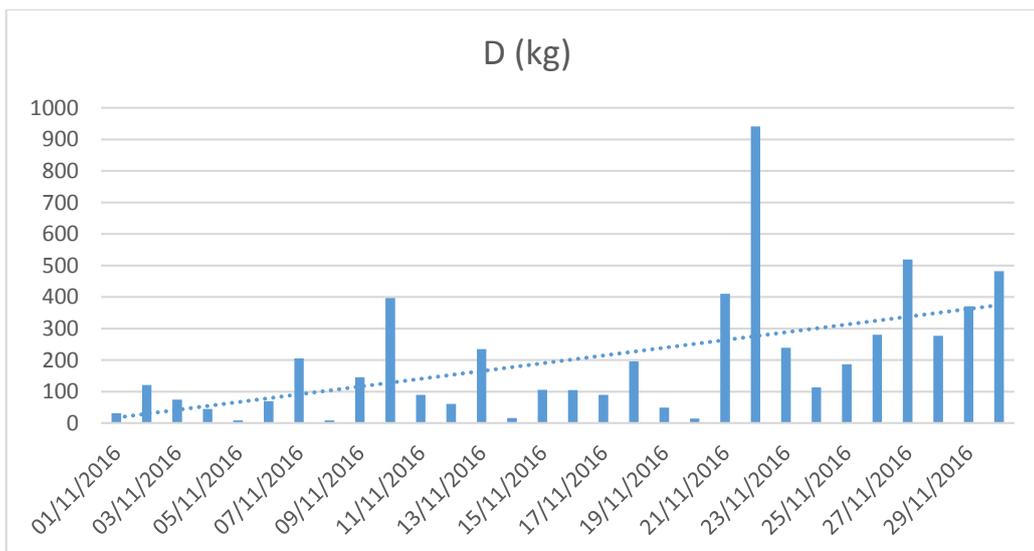


Figura 16: Desperdicios-Noviembre

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

En la Figura 16, se pudo observar que presenta una línea de tendencia que muestra un incremento de desperdicios durante los días del mes, el día 21 de noviembre se observó la mayor cantidad de desperdicio de materia prima y para el día 5 se observó el desperdicio más bajo, cabe mencionar que la eficiencia depende mucho de la optimización de los recursos en el proceso.

Tabla 6: Datos de producción Mes diciembre 2016

Mes de Diciembre					
Fecha	TD (h)	TF (h)	PR (kg)	C (kg/h)	D (kg)
1/12/2016	24	21	6413.4	700	199
2/12/2016	24	24	9360	700	187
3/12/2016	5	5	1638	700	140
4/12/2016	24	24	6620.81	700	225.94

5/12/2016	24	20	4561.98	700	86.08
6/12/2016	24	24	4727.1	700	177.8
7/12/2016	24	23	4556.8	700	399.6
8/12/2016	Mantenimiento				
9/12/2016	16	16	2713.6	700	326
10/12/2016	24	24	5299.2	700	134.4
11/12/2016	24	24	6000	700	80
12/12/2016	24	23	6192.576	700	102.472
13/12/2016	24	24	5314.4915	700	289
14/12/2016	18	18	2918.33	700	475.72
15/12/2016	24	21	3083.1	700	626.89
16/12/2016	24	20	4066.1	700	154.32
17/12/2016	24	19	5679.72	700	90.72
18/12/2016	24	24	3803.2	700	115
19/12/2016	24	24	5225.323	700	29.24
20/12/2016	24	24	5085.4075	700	58.56
21/12/2016	24	24	4800.77	700	79.04
22/12/2016	24	24	5114.26	700	0
23/12/2016	24	22	4428.1244	700	24
24/12/2016	24	23	2413.97	700	306
25/12/2016	24	20	3883.32	700	40
26/12/2016	24	23	3960	700	52.91
27/12/2016	24	24	3889.7	700	20
28/12/2016	24	24	3838.6	700	8.08
29/12/2016	24	24	4098.68	700	98.5

Fuente: Tigre S.A.

Elaborado por: Darwin Moya

La Tabla 6 muestra el detalle diario del mes de diciembre de 2016 con la información más relevante sobre su producción. Este mes se observa que existió una para de mantenimiento. Además, se observa la disponibilidad de 24 horas en la mayoría de días y su respectivo tiempo de funcionamiento, además de la producción diaria, la capacidad del equipo que es invariante y los desperdicios generados.

Cabe destacar que se descarta el día de mantenimiento ya que necesariamente el equipo debe estar inoperativo para su óptima revisión.

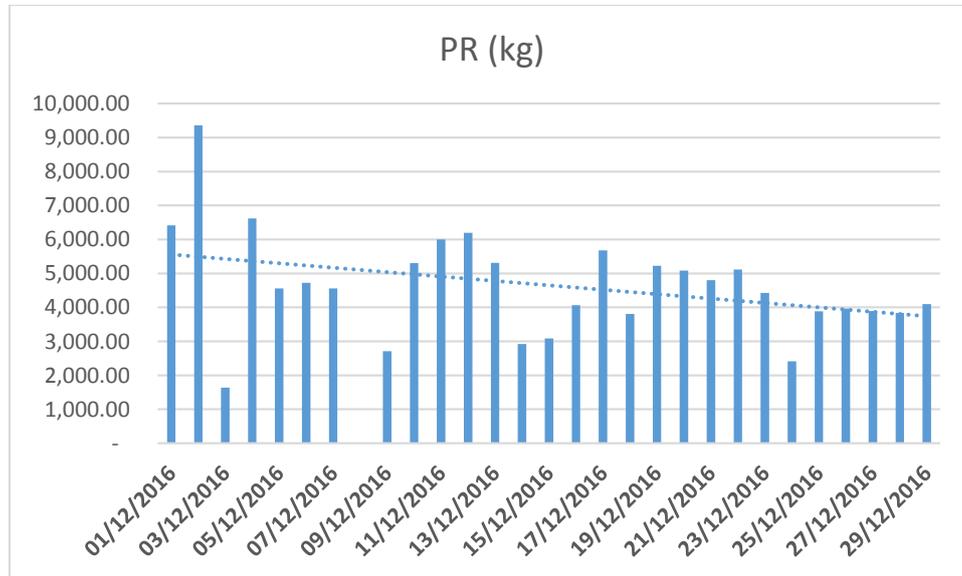


Figura 17: Producción real - Diciembre

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

En la **Figura 17**, se presenta una línea de tendencia que muestra una vez más un decrecimiento de la producción a lo largo del mes, siendo el día segundo del mes de diciembre donde se observó la mayor producción real y para el día 8 se observó una parada de mantenimiento de producción 0 y para el día tercero la más baja producción.

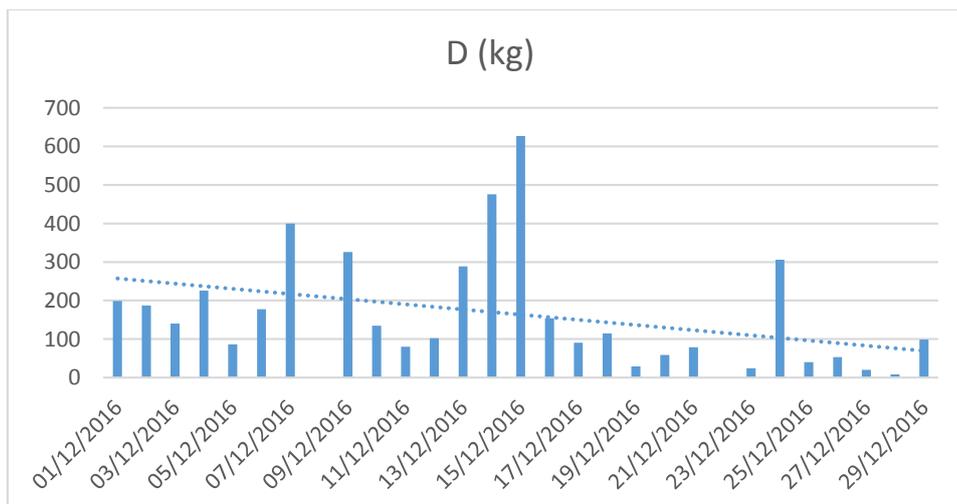


Figura 18: Desperdicios - Diciembre

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

En la **Figura 18**, se pudo observar que presenta una línea de tendencia donde se muestra que existe un decremento de los desperdicios, el día 15 del mes de noviembre se observó la mayor cantidad de desperdicio de materia prima y para el día 5 se observó el desperdicio más bajo, cabe mencionar que la eficiencia depende mucho de la optimización de los recursos en el proceso.

Las tablas anteriores muestran la selección de datos necesarios para realizar el análisis de la productividad por OEE, cada columna muestra las unidades de medida y producción que día a día se reportan para llevar un control de su producción. El control diario de esta información permite que el presente estudio sea mucho más confiable.

Los datos que se pudieron recopilar fueron seleccionados con el propósito de facilitar el cálculo de OEE para la línea de extrusión de tubería PVC.

Se los analizará de la siguiente manera:

Cálculo de OEE:

$$OEE = disponibilidad * rendimiento * calidad$$

Disponibilidad (d):

$$d = \frac{TF}{TD}$$

- Tiempo de disponibilidad de la línea (TD)
- Tiempo de funcionamiento de la línea (TF)

Rendimiento (r):

$$r = \frac{\frac{1}{C}}{\frac{TF}{PR}}$$

- Tiempo de funcionamiento de la línea (TF)
- Producción Real (PR)
- Capacidad de la máquina (c)

Calidad (c):

$$c = \frac{PR}{PR + D}$$

- Producción Real (PR)
- Desperdicios generados (D)

Las relaciones mostradas permitirán conocer la eficiencia general con la que se está ocupando la máquina de extrusión en la línea de fabricación de tubería PVC. Hay que destacar que el valor de 700 Kg/h es constante puesto que es la capacidad de producción de la máquina lo cual es invariable.

Para interpretar la productividad de la empresa se aplican las fórmulas expresadas anteriormente con el propósito de obtener el OEE diario para cada mes. Se obtienen los valores de disponibilidad, rendimiento y calidad para en base a ellos obtener un valor de OEE.

Tabla 7: Calculo de OEE para el mes de noviembre 2016

Fecha	TD (h)	TF (h)	PR (kg)	C (kg/h)	D (kg)	d	r	c	OEE
1/11/2016	24	23	9387.5	700	31.26	0.96	0.58	1.00	0.56
2/11/2016	24	23	7944.5	700	120.69	0.96	0.49	0.99	0.47
3/11/2016	24	24	9024.216	700	74.4	1.00	0.54	0.99	0.53
4/11/2016	24	24	8790.66	700	45.04	1.00	0.52	0.99	0.52
5/11/2016	24	24	9850.7604	700	8.51	1.00	0.59	1.00	0.59
6/11/2016	24	24	9408.9	700	69.5	1.00	0.56	0.99	0.56
7/11/2016	24	24	10081.395	700	205.28	1.00	0.60	0.98	0.59
8/11/2016	24	24	10746.159	700	8.9	1.00	0.64	1.00	0.64
9/11/2016	24	22	8399.7545	700	145.6	0.92	0.55	0.98	0.49
10/11/2016	22	22	5362.682	700	397.2	1.00	0.35	0.93	0.32
11/11/2016	24	24	8848.19	700	89.66	1.00	0.53	0.99	0.52
12/11/2016	19	19	4035.352	700	60.72	1.00	0.30	0.99	0.30
13/11/2016	24	24	5503.475	700	234.8	1.00	0.33	0.96	0.31
14/11/2016	24	23	6030.7845	700	16.1	0.96	0.37	1.00	0.36
15/11/2016	24	18	6707.5	700	105.85	0.75	0.53	0.98	0.39
16/11/2016	24	24	9637.5	700	105	1.00	0.57	0.99	0.57
17/11/2016	24	24	10454.57	700	89.8	1.00	0.62	0.99	0.62
18/11/2016	24	24	7672.7649	700	196.07	1.00	0.46	0.98	0.45
19/11/2016	24	23	8848.4604	700	48.8	0.96	0.55	0.99	0.52
20/11/2016	24	24	8769.08	700	14.5	1.00	0.52	1.00	0.52
21/11/2016	21	18	2450.1	700	410.6	0.86	0.19	0.86	0.14
22/11/2016	24	24	6748.95	700	941.63	1.00	0.40	0.88	0.35
23/11/2016	24	21	6634	700	238.8	0.88	0.45	0.97	0.38
24/11/2016	24	23	8629.87	700	112.94	0.96	0.54	0.99	0.51
25/11/2016	24	24	9098.27	700	186.35	1.00	0.54	0.98	0.53
26/11/2016	24	24	9963	700	280	1.00	0.59	0.97	0.58
27/11/2016	24	24	5875.5	700	519	1.00	0.35	0.92	0.32
28/11/2016	24	24	7950	700	276.75	1.00	0.47	0.97	0.46
29/11/2016	24	24	8475	700	371	1.00	0.50	0.96	0.48
30/11/2016	24	23	7411.65	700	482.45	0.96	0.46	0.94	0.41
								Promedio	0.47

Fuente: Tigre S.A.

Elaborado por: Darwin Moya

En la Tabla 7 se visualiza que el valor de disponibilidad por lo general adquiere el valor de 1, al igual que de la calidad pero no ocurre así con el valor del rendimiento. De manera general se obtiene un valor de OEE de 47% promedio para todo el mes de noviembre.

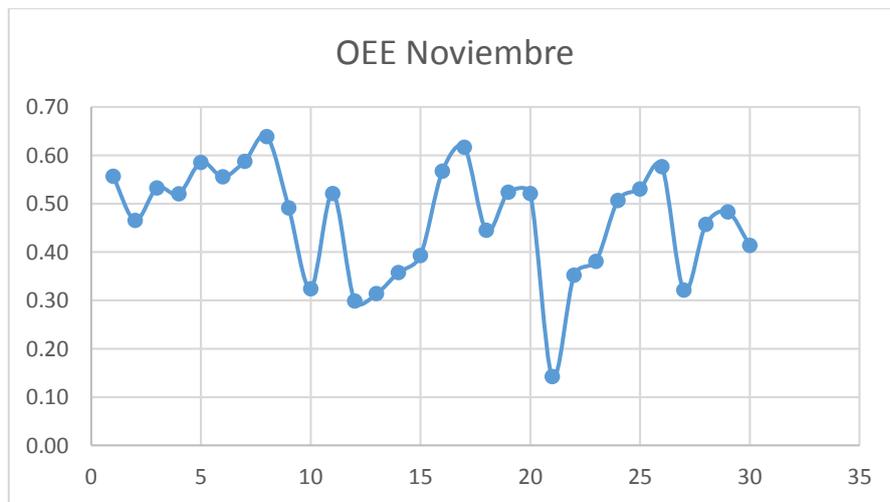


Figura 19: OEE diario para el mes de noviembre

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

Como claramente se puede observar en la Figura 19, existe una tendencia a disminuir el OEE al final del mes marcando una pérdida de productividad, además que uno de los picos de producción está en torno al 60% que en realidad es una medida baja de OEE que indica la subutilización del equipo. Esta subutilización deberá ser analizada en la propuesta.

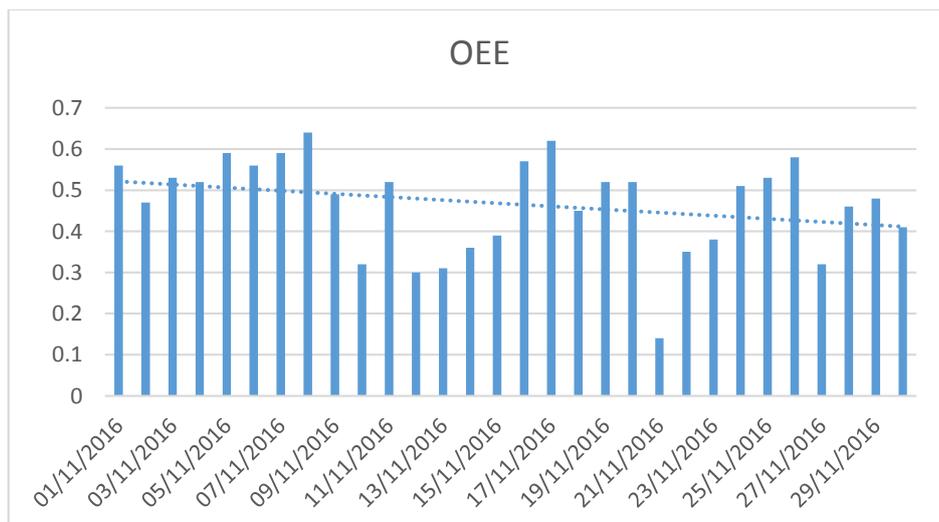


Figura 20: Eficiencia General de los Equipos-noviembre

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

En la Figura 20, se pudo observar que presenta una línea de tendencia polinómica de hasta 6 grados de libertad, el día 7 del mes de noviembre se observó la mayor eficiencia en los equipos de extrusión y para el día 21 se observó la eficiencia más baja. Se observan valores de OEE altos a inicios de mes pero posteriormente va disminuyendo esta tendencia productiva. Posteriormente será necesario investigar a que se debe esta disminución productiva.

Tabla 8: Calculo de OEE para el mes de diciembre 2016

Mes de Diciembre									
Fecha	TD (h)	TF (h)	PR (kg)	C (kg/h)	D (kg)	d	r	c	OEE
1/12/2016	24	21	6413.4	700	199	0.88	0.44	0.97	0.37
2/12/2016	24	24	9360	700	187	1.00	0.56	0.98	0.55
3/12/2016	5	5	1638	700	140	1.00	0.47	0.92	0.43
4/12/2016	24	24	6620.81	700	225.94	1.00	0.39	0.97	0.38
5/12/2016	24	20	4561.98	700	86.08	0.83	0.33	0.98	0.27
6/12/2016	24	24	4727.1	700	177.8	1.00	0.28	0.96	0.27
7/12/2016	24	23	4556.8	700	399.6	0.96	0.28	0.92	0.25
8/12/2016	Mantenimiento								
9/12/2016	16	16	2713.6	700	326	1.00	0.24	0.89	0.22
10/12/2016	24	24	5299.2	700	134.4	1.00	0.32	0.98	0.31
11/12/2016	24	24	6000	700	80	1.00	0.36	0.99	0.35
12/12/2016	24	23	6192.576	700	102.472	0.96	0.38	0.98	0.36
13/12/2016	24	24	5314.4915	700	289	1.00	0.32	0.95	0.30
14/12/2016	18	18	2918.33	700	475.72	1.00	0.23	0.86	0.20
15/12/2016	24	21	3083.1	700	626.89	0.88	0.21	0.83	0.15
16/12/2016	24	20	4066.1	700	154.32	0.83	0.29	0.96	0.23
17/12/2016	24	19	5679.72	700	90.72	0.79	0.43	0.98	0.33
18/12/2016	24	24	3803.2	700	115	1.00	0.23	0.97	0.22
19/12/2016	24	24	5225.323	700	29.24	1.00	0.31	0.99	0.31
20/12/2016	24	24	5085.4075	700	58.56	1.00	0.30	0.99	0.30
21/12/2016	24	24	4800.77	700	79.04	1.00	0.29	0.98	0.28
22/12/2016	24	24	5114.26	700	0	1.00	0.30	1.00	0.30
23/12/2016	24	22	4428.1244	700	24	0.92	0.29	0.99	0.26
24/12/2016	24	23	2413.97	700	306	0.96	0.15	0.89	0.13
25/12/2016	24	20	3883.32	700	40	0.83	0.28	0.99	0.23
26/12/2016	24	23	3960	700	52.91	0.96	0.25	0.99	0.23
27/12/2016	24	24	3889.7	700	20	1.00	0.23	0.99	0.23
28/12/2016	24	24	3838.6	700	8.08	1.00	0.23	1.00	0.23
29/12/2016	24	24	4098.68	700	98.5	1.00	0.24	0.98	0.24
								Promedio	0.28

Fuente: Tigre S.A.**Elaborado por:** Darwin Moya

Según la información calculada en la Tabla 8 de igual manera que en el mes anterior se observa que los valores de disponibilidad de manera general tienden a 1, y los valores de calidad son muy cercanos a 1 pero cuando se mira al rendimiento este es mucho más bajo que los anteriores. Se verificará más adelante la influencia de estos parámetros sobre el OEE.

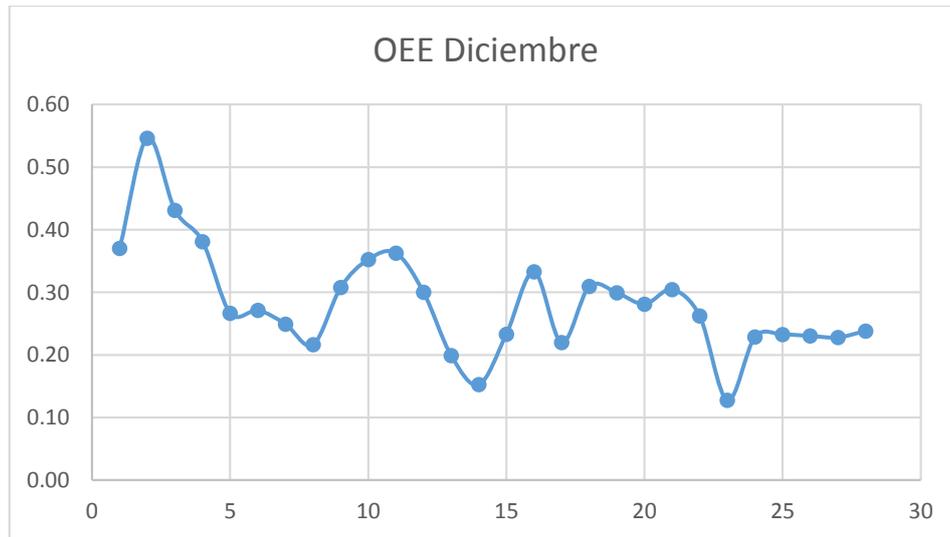


Figura 21: OEE diario para el mes de diciembre.

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

Como claramente se puede observar en la Figura 21 existe una tendencia a disminuir el OEE al final del mes marcando una pérdida de productividad, que además es mucho menor a la del mes de noviembre y se observa que uno de los picos de producción está en torno al 55% que en realidad es una medida baja de OEE que indica la subutilización del equipo. El promedio general para el mes de diciembre en cuanto a medida de OEE alcanza el 28% mucho menor al mes de noviembre, que muestra una irregularidad sobre la línea productiva del equipo de extrusión de PVC.

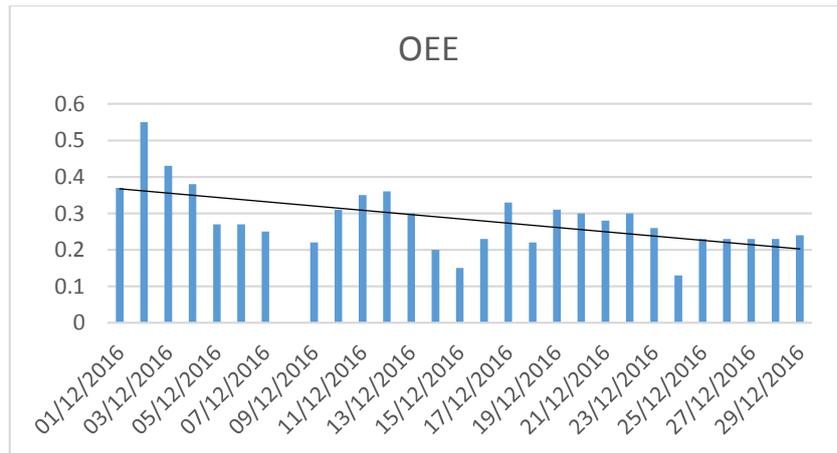


Figura 22: Eficiencia General de los Equipos - Diciembre

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

En la Figura 22, se pudo observar que presenta una línea de tendencia que decae conforme transcurre el mes, el día 2 de diciembre se observó la mayor eficiencia en los equipos de extrusión y para el día 8 se observó la eficiencia más baja, este caso particular presenta una eficiencia de 0, esto se debe a que ese día se realizó un mantenimiento de la línea.

Análisis de la situación actual

Correlación de variables

Para determinar la incidencia de las variables en el proceso de extrusión en PVC, se utilizará el método cuantitativo estadístico llamado correlación de Pearson, teniendo como variable independiente a los tres diferentes elementos que influyen en el cálculo del OEE como son el rendimiento, la disponibilidad y la calidad, que es el resultado general del desempeño de los equipos. El método de Pearson permitirá visualizar cuál de las variables tiene mayor influencia para así poder tener una idea de por dónde empezar el proceso de mejora.

Tabla 9: Resumen OEE para cálculo de correlación

Mes de Noviembre					Mes de Diciembre				
Fecha	d	r	c	OEE	Fecha				
1/11/2016	0.96	0.58	1.00	0.56	1/12/2016	0.88	0.44	0.97	0.37
2/11/2016	0.96	0.49	0.99	0.47	2/12/2016	1.00	0.56	0.98	0.55
3/11/2016	1.00	0.54	0.99	0.53	3/12/2016	1.00	0.47	0.92	0.43
4/11/2016	1.00	0.52	0.99	0.52	4/12/2016	1.00	0.39	0.97	0.38
5/11/2016	1.00	0.59	1.00	0.59	5/12/2016	0.83	0.33	0.98	0.27
6/11/2016	1.00	0.56	0.99	0.56	6/12/2016	1.00	0.28	0.96	0.27
7/11/2016	1.00	0.60	0.98	0.59	7/12/2016	0.96	0.28	0.92	0.25
8/11/2016	1.00	0.64	1.00	0.64	8/12/2016	Mantenimiento			
9/11/2016	0.92	0.55	0.98	0.49	9/12/2016	1.00	0.24	0.89	0.22
10/11/2016	1.00	0.35	0.93	0.32	10/12/2016	1.00	0.32	0.98	0.31
11/11/2016	1.00	0.53	0.99	0.52	11/12/2016	1.00	0.36	0.99	0.35
12/11/2016	1.00	0.30	0.99	0.30	12/12/2016	0.96	0.38	0.98	0.36
13/11/2016	1.00	0.33	0.96	0.31	13/12/2016	1.00	0.32	0.95	0.30
14/11/2016	0.96	0.37	1.00	0.36	14/12/2016	1.00	0.23	0.86	0.20
15/11/2016	0.75	0.53	0.98	0.39	15/12/2016	0.88	0.21	0.83	0.15
16/11/2016	1.00	0.57	0.99	0.57	16/12/2016	0.83	0.29	0.96	0.23
17/11/2016	1.00	0.62	0.99	0.62	17/12/2016	0.79	0.43	0.98	0.33
18/11/2016	1.00	0.46	0.98	0.45	18/12/2016	1.00	0.23	0.97	0.22
19/11/2016	0.96	0.55	0.99	0.52	19/12/2016	1.00	0.31	0.99	0.31
20/11/2016	1.00	0.52	1.00	0.52	20/12/2016	1.00	0.30	0.99	0.30
21/11/2016	0.86	0.19	0.86	0.14	21/12/2016	1.00	0.29	0.98	0.28
22/11/2016	1.00	0.40	0.88	0.35	22/12/2016	1.00	0.30	1.00	0.30
23/11/2016	0.88	0.45	0.97	0.38	23/12/2016	0.92	0.29	0.99	0.26
24/11/2016	0.96	0.54	0.99	0.51	24/12/2016	0.96	0.15	0.89	0.13
25/11/2016	1.00	0.54	0.98	0.53	25/12/2016	0.83	0.28	0.99	0.23
26/11/2016	1.00	0.59	0.97	0.58	26/12/2016	0.96	0.25	0.99	0.23
27/11/2016	1.00	0.35	0.92	0.32	27/12/2016	1.00	0.23	0.99	0.23
28/11/2016	1.00	0.47	0.97	0.46	28/12/2016	1.00	0.23	1.00	0.23
29/11/2016	1.00	0.50	0.96	0.48	29/12/2016	1.00	0.24	0.98	0.24
30/11/2016	0.96	0.46	0.94	0.41					

Elaborado por: Darwin Moya

La Tabla 9 muestra los valores calculados previamente de disponibilidad, calidad y rendimiento para cada uno de los meses de estudio. De la observación previa se visualiza que los valores de calidad son los más bajos, así que aparentemente serían los de mayor influencia para el OEE. Tanto disponibilidad como calidad se encuentran muy cercanos a uno.

A continuación se generará tres casos de estudio: con el propósito de visualizar donde existe un vínculo más fuerte para el cálculo del OEE. Se analizará la correlación de estas variables con el propósito de visualizar donde se encuentran la mayoría de las dificultades para la empresa.

A manera de ejemplo de cálculo se desarrollará un ejemplo para la correlación. En el primer caso se declarará las variables de la siguiente manera.

$$x = \text{disponibilidad}$$

$$y = \text{eficiencia real de los equipos (OEE)}$$

A continuación, se procede a calcular la media aritmética de cada variable, utilizando la siguiente ecuación y con los datos observados en la **Tabla 10**. Los dos meses generan un total de 58 datos para el estudio.

Para el valor x:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{55.94}{58} = 0.964$$

Para el valor y:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{21.92}{58} = 0.377$$

Después se procede a calcular X e Y con la siguiente ecuación para cada uno de los días que conforman los 58 datos de estudio.

$$X = x - \bar{x}$$

$$Y = y - \bar{y}$$

Entonces para el dato #1 se tiene:

$$X = 0.958 - 0.964 = -0.006$$

$$Y = 0.56 - 0.377 = 0.182$$

A continuación, se procederá a realizar el cálculo de los cuadrados de X e Y, y el producto generado por las variables XY.

Enseguida, se procederá a realizar la tabla de cálculos de toda la base de datos de los meses de noviembre y diciembre.

Tabla 10: Valores para correlación con la disponibilidad para meses noviembre diciembre

# DATOS	x (disponibil)	y (OEE)	$X = x - \bar{x}$	$Y = y - \bar{y}$	x.Y	x^2	y^2
1	0.958	0.560	-0.006	0.182	-0.001	0.000	0.033
2	0.958	0.470	-0.006	0.092	-0.001	0.000	0.008
3	1.000	0.530	0.036	0.152	0.005	0.001	0.023
4	1.000	0.520	0.036	0.142	0.005	0.001	0.020
5	1.000	0.590	0.036	0.212	0.008	0.001	0.045
6	1.000	0.560	0.036	0.182	0.006	0.001	0.033
7	1.000	0.590	0.036	0.212	0.008	0.001	0.045
8	1.000	0.640	0.036	0.262	0.009	0.001	0.069
9	0.917	0.490	-0.048	0.112	-0.005	0.002	0.013
10	1.000	0.320	0.036	-0.058	-0.002	0.001	0.003
11	1.000	0.520	0.036	0.142	0.005	0.001	0.020
12	1.000	0.300	0.036	-0.078	-0.003	0.001	0.006
13	1.000	0.310	0.036	-0.068	-0.002	0.001	0.005
14	0.958	0.360	-0.006	-0.018	0.000	0.000	0.000
15	0.750	0.390	-0.214	0.012	-0.003	0.046	0.000
16	1.000	0.570	0.036	0.192	0.007	0.001	0.037
17	1.000	0.620	0.036	0.242	0.009	0.001	0.059
18	1.000	0.450	0.036	0.072	0.003	0.001	0.005
19	0.958	0.520	-0.006	0.142	-0.001	0.000	0.020
20	1.000	0.520	0.036	0.142	0.005	0.001	0.020
21	0.857	0.140	-0.107	-0.238	0.026	0.012	0.057
22	1.000	0.350	0.036	-0.028	-0.001	0.001	0.001
23	0.875	0.380	-0.089	0.002	0.000	0.008	0.000
24	0.958	0.510	-0.006	0.132	-0.001	0.000	0.017
25	1.000	0.530	0.036	0.152	0.005	0.001	0.023
26	1.000	0.580	0.036	0.202	0.007	0.001	0.041
27	1.000	0.320	0.036	-0.058	-0.002	0.001	0.003
28	1.000	0.460	0.036	0.082	0.003	0.001	0.007
29	1.000	0.480	0.036	0.102	0.004	0.001	0.010
30	0.958	0.410	-0.006	0.032	0.000	0.000	0.001
31	0.875	0.370	-0.089	-0.008	0.001	0.008	0.000
32	1.000	0.550	0.036	0.172	0.006	0.001	0.030
33	1.000	0.430	0.036	0.052	0.002	0.001	0.003
34	1.000	0.380	0.036	0.002	0.000	0.001	0.000
35	0.833	0.270	-0.131	-0.108	0.014	0.017	0.012
36	1.000	0.270	0.036	-0.108	-0.004	0.001	0.012
37	0.958	0.250	-0.006	-0.128	0.001	0.000	0.016
38	1.000	0.220	0.036	-0.158	-0.006	0.001	0.025
39	1.000	0.310	0.036	-0.068	-0.002	0.001	0.005
40	1.000	0.350	0.036	-0.028	-0.001	0.001	0.001
41	0.958	0.360	-0.006	-0.018	0.000	0.000	0.000
42	1.000	0.300	0.036	-0.078	-0.003	0.001	0.006
43	1.000	0.200	0.036	-0.178	-0.006	0.001	0.032
44	0.875	0.150	-0.089	-0.228	0.020	0.008	0.052
45	0.833	0.230	-0.131	-0.148	0.019	0.017	0.022
46	0.792	0.330	-0.173	-0.048	0.008	0.030	0.002
47	1.000	0.220	0.036	-0.158	-0.006	0.001	0.025
48	1.000	0.310	0.036	-0.068	-0.002	0.001	0.005
49	1.000	0.300	0.036	-0.078	-0.003	0.001	0.006
50	1.000	0.280	0.036	-0.098	-0.003	0.001	0.010
51	1.000	0.300	0.036	-0.078	-0.003	0.001	0.006
52	0.917	0.260	-0.048	-0.118	0.006	0.002	0.014
53	0.958	0.130	-0.006	-0.248	0.002	0.000	0.061
54	0.833	0.230	-0.131	-0.148	0.019	0.017	0.022
55	0.958	0.230	-0.006	-0.148	0.001	0.000	0.022
56	1.000	0.230	0.036	-0.148	-0.005	0.001	0.022
57	1.000	0.230	0.036	-0.148	-0.005	0.001	0.022
58	1.000	0.240	0.036	-0.138	-0.005	0.001	0.019
	55.940	21.920			0.137	0.215	1.075

Elaborado por: Darwin Moya

La **Tabla 10** muestra los valores necesarios para generar la correlación de Pearson para el mes de noviembre. El modelo de cálculo se lo genera en Excel para automatizar el cálculo de todos los días. Obtenidos los valores necesarios se procede a utilizar las ecuaciones siguientes.

Finalmente se precedió a calcular el índice de correlación con la siguiente ecuación.

$$r_1 = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{(\Sigma x^2) * (\Sigma y^2)}}$$

$$r_1 = \frac{0.137}{\sqrt{(0.215) * (1.075)}}$$

$$r_1 = 0.284$$

Todos los cálculos anteriormente realizados se resumen en la Tabla 11.

Tabla 11: Tabla de resumen de correlación disponibilidad vs OEE

n =	58
$\Sigma x =$	55.94
$\Sigma y =$	21.92
$\Sigma X.Y =$	0.137
$\Sigma X^2 =$	0.215
$\Sigma Y^2 =$	1.075
Correlación	0.285

Elaborado por: Darwin Moya

Tanto la Tabla 10 y Tabla 11 muestran todos los valores utilizados para obtener la correlación entre las variables DISPONIBILIDAD VS OEE (Overall Equipment Efficiency) que con 58 datos obtenidos muestra una correlación de 0.28, como se detalla más adelante esta correlación es baja y aparentemente no es el motivo del bajo valor de OEE obtenido.

A continuación se muestra un gráfica de dispersión para visualizar la tendencia de correlación de ambas variables.

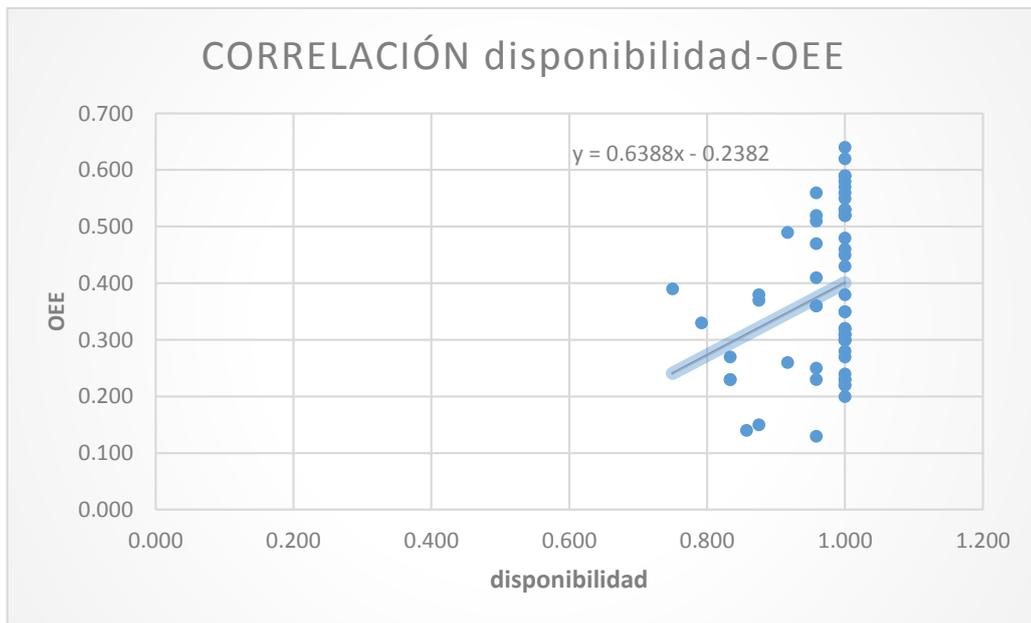


Figura 23: Correlación entre disponibilidad y OEE para todos los datos

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

La Figura 23 muestra la dispersión de los puntos de disponibilidad para la línea de tendencia, lo que muestra que la correlación es baja por la poca proximidad de los datos hacia la línea, y por ende su baja correlación.

Luego de haber encontrado la correlación para la disponibilidad se procederá a calcular una segunda correlación para el rendimiento siguiendo el mismo procedimiento anteriormente realizado y se declararan las variables de la siguiente manera.

$$x = \text{rendimiento}$$

$$y = \text{eficiencia real de los equipos OEE}$$

Siguiendo los pasos del cálculo anterior se tiene:

$$r_2 = 0.98$$

Todos los cálculos anteriormente realizados se resumen en la **Tabla 12**.

Tabla 12: Tabla de resumen de correlación r2

n =	58
$\Sigma x =$	55.94
$\Sigma y =$	21.92
$\Sigma X.Y =$	1.025
$\Sigma X^2 =$	1.018
$\Sigma Y^2 =$	1.075
Correlación	0.98

Elaborado por: Darwin Moya

Tanto la Tabla 12 y Tabla 13 muestran todos los valores utilizados para obtener la correlación entre las variables RENDIMIENTO VS OEE (Overall Equipment Efficiency) que con 58 datos obtenidos muestra una correlación de 0.98 aproximadamente igual a 1, como se detalla más adelante esta correlación es muy alta y aparentemente de no ser que calidad muestre un resultado similar esta variable como se esperaba es el motivo del bajo valor de OEE obtenido para la empresa Tigre SA.

Tabla 13: Valores para correlación con rendimiento para meses noviembre diciembre

# DATOS	x (rendimiento)	y (OEE)	$X = x - \bar{x}$	$Y = y - \bar{y}$	X.Y	x^2	y^2
1	0.583	0.560	0.181	0.182	0.033	0.033	0.033
2	0.493	0.470	0.091	0.092	0.008	0.008	0.008
3	0.537	0.530	0.135	0.152	0.021	0.018	0.023
4	0.523	0.520	0.121	0.142	0.017	0.015	0.020
5	0.586	0.590	0.184	0.212	0.039	0.034	0.045
6	0.560	0.560	0.158	0.182	0.029	0.025	0.033
7	0.600	0.590	0.198	0.212	0.042	0.039	0.045
8	0.640	0.640	0.237	0.262	0.062	0.056	0.069
9	0.545	0.490	0.143	0.112	0.016	0.021	0.013
10	0.348	0.320	-0.054	-0.058	0.003	0.003	0.003
11	0.527	0.520	0.124	0.142	0.018	0.015	0.020
12	0.303	0.300	-0.099	-0.078	0.008	0.010	0.006
13	0.328	0.310	-0.075	-0.068	0.005	0.006	0.005
14	0.375	0.360	-0.028	-0.018	0.000	0.001	0.000
15	0.532	0.390	0.130	0.012	0.002	0.017	0.000
16	0.574	0.570	0.171	0.192	0.033	0.029	0.037
17	0.622	0.620	0.220	0.242	0.053	0.048	0.059
18	0.457	0.450	0.055	0.072	0.004	0.003	0.005
19	0.550	0.520	0.147	0.142	0.021	0.022	0.020
20	0.522	0.520	0.120	0.142	0.017	0.014	0.020
21	0.194	0.140	-0.208	-0.238	0.049	0.043	0.057
22	0.402	0.350	0.000	-0.028	0.000	0.000	0.001
23	0.451	0.380	0.049	0.002	0.000	0.002	0.000
24	0.536	0.510	0.134	0.132	0.018	0.018	0.017
25	0.542	0.530	0.139	0.152	0.021	0.019	0.023
26	0.593	0.580	0.191	0.202	0.039	0.036	0.041
27	0.350	0.320	-0.052	-0.058	0.003	0.003	0.003
28	0.473	0.460	0.071	0.082	0.006	0.005	0.007
29	0.504	0.480	0.102	0.102	0.010	0.010	0.010
30	0.460	0.410	0.058	0.032	0.002	0.003	0.001
31	0.436	0.370	0.034	-0.008	0.000	0.001	0.000
32	0.557	0.550	0.155	0.172	0.027	0.024	0.030
33	0.468	0.430	0.066	0.052	0.003	0.004	0.003
34	0.394	0.380	-0.008	0.002	0.000	0.000	0.000
35	0.326	0.270	-0.076	-0.108	0.008	0.006	0.012
36	0.281	0.270	-0.121	-0.108	0.013	0.015	0.012
37	0.283	0.250	-0.119	-0.128	0.015	0.014	0.016
38	0.242	0.220	-0.160	-0.158	0.025	0.026	0.025
39	0.315	0.310	-0.087	-0.068	0.006	0.008	0.005
40	0.357	0.350	-0.045	-0.028	0.001	0.002	0.001
41	0.385	0.360	-0.018	-0.018	0.000	0.000	0.000
42	0.316	0.300	-0.086	-0.078	0.007	0.007	0.006
43	0.232	0.200	-0.171	-0.178	0.030	0.029	0.032
44	0.210	0.150	-0.192	-0.228	0.044	0.037	0.052
45	0.290	0.230	-0.112	-0.148	0.017	0.012	0.022
46	0.427	0.330	0.025	-0.048	-0.001	0.001	0.002
47	0.226	0.220	-0.176	-0.158	0.028	0.031	0.025
48	0.311	0.310	-0.091	-0.068	0.006	0.008	0.005
49	0.303	0.300	-0.099	-0.078	0.008	0.010	0.006
50	0.286	0.280	-0.116	-0.098	0.011	0.014	0.010
51	0.304	0.300	-0.098	-0.078	0.008	0.010	0.006
52	0.288	0.260	-0.115	-0.118	0.014	0.013	0.014
53	0.150	0.130	-0.252	-0.248	0.063	0.064	0.061
54	0.277	0.230	-0.125	-0.148	0.018	0.016	0.022
55	0.246	0.230	-0.156	-0.148	0.023	0.024	0.022
56	0.232	0.230	-0.171	-0.148	0.025	0.029	0.022
57	0.228	0.230	-0.174	-0.148	0.026	0.030	0.022
58	0.244	0.240	-0.158	-0.138	0.022	0.025	0.019
	23.327	21.920			1.025	1.018	1.075

Elaborado por: Darwin Moya

Y se realizó un gráfica de dispersión para visualizar la tendencia de correlación de ambas variables.

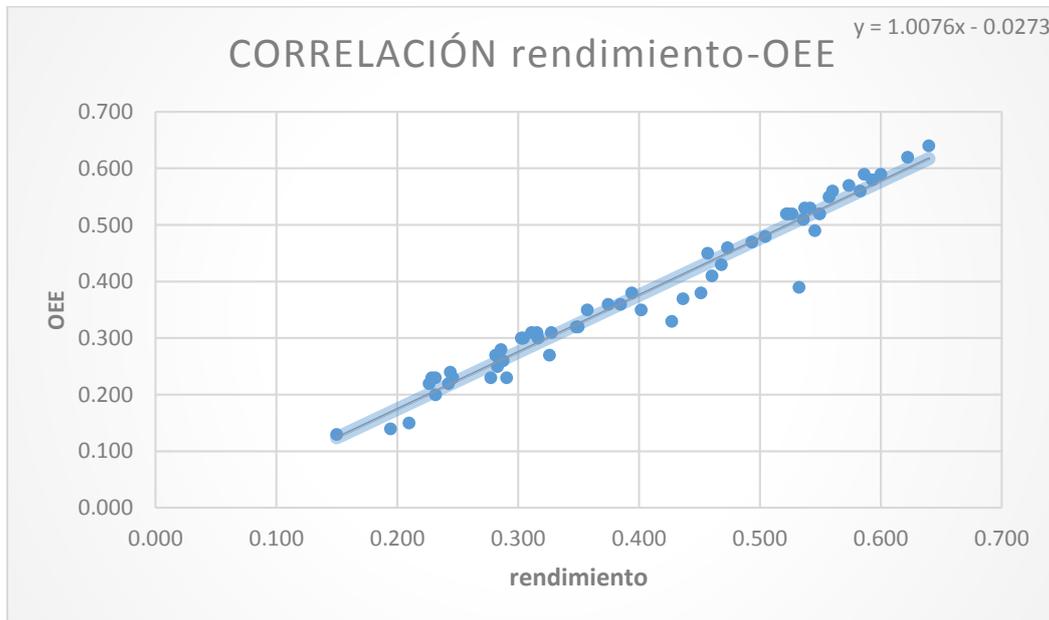


Figura 24: Correlación entre rendimiento y OEE para todos los datos

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

La Figura anterior muestra la dispersión de los puntos de rendimiento para la línea de tendencia, la alta correlación se debe a la cercanía que muestran los datos respecto a la línea. De ahí que se puede visualizar la gran relación de las variables.

A continuación se determina la correlación con la última de las variables llamada calidad, siguiendo los procedimientos de cálculos anteriores.

$$x = \text{calidad}$$

$$y = \text{eficiencia real de los equipos OEE}$$

Tabla 14: Valores para correlación con calidad para meses noviembre diciembre

# DATOS	x (calidad)	y (OEE)	$X = x - \bar{x}$	$Y = y - \bar{y}$	X.Y	x^2	y^2
1	0.997	0.560	0.031	0.182	0.006	0.001	0.033
2	0.985	0.470	0.019	0.092	0.002	0.000	0.008
3	0.992	0.530	0.026	0.152	0.004	0.001	0.023
4	0.995	0.520	0.029	0.142	0.004	0.001	0.020
5	0.999	0.590	0.033	0.212	0.007	0.001	0.045
6	0.993	0.560	0.027	0.182	0.005	0.001	0.033
7	0.980	0.590	0.014	0.212	0.003	0.000	0.045
8	0.999	0.640	0.033	0.262	0.009	0.001	0.069
9	0.983	0.490	0.017	0.112	0.002	0.000	0.013
10	0.931	0.320	-0.035	-0.058	0.002	0.001	0.003
11	0.990	0.520	0.024	0.142	0.003	0.001	0.020
12	0.985	0.300	0.019	-0.078	-0.001	0.000	0.006
13	0.959	0.310	-0.007	-0.068	0.000	0.000	0.005
14	0.997	0.360	0.031	-0.018	-0.001	0.001	0.000
15	0.984	0.390	0.018	0.012	0.000	0.000	0.000
16	0.989	0.570	0.023	0.192	0.004	0.001	0.037
17	0.991	0.620	0.025	0.242	0.006	0.001	0.059
18	0.975	0.450	0.009	0.072	0.001	0.000	0.005
19	0.995	0.520	0.028	0.142	0.004	0.001	0.020
20	0.998	0.520	0.032	0.142	0.005	0.001	0.020
21	0.856	0.140	-0.110	-0.238	0.026	0.012	0.057
22	0.878	0.350	-0.089	-0.028	0.002	0.008	0.001
23	0.965	0.380	-0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
24	0.987	0.510	0.021	0.132	0.003	0.000	0.017
25	0.980	0.530	0.014	0.152	0.002	0.000	0.023
26	0.973	0.580	0.007	0.202	0.001	0.000	0.041
27	0.919	0.320	-0.047	-0.058	0.003	0.002	0.003
28	0.966	0.460	0.000	0.082	0.000	0.000	0.007
29	0.958	0.480	-0.008	0.102	-0.001	0.000	0.010
30	0.939	0.410	-0.027	0.032	-0.001	0.001	0.001
31	0.970	0.370	0.004	-0.008	0.000	0.000	0.000
32	0.980	0.550	0.014	0.172	0.002	0.000	0.030
33	0.921	0.430	-0.045	0.052	-0.002	0.002	0.003
34	0.967	0.380	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
35	0.981	0.270	0.015	-0.108	-0.002	0.000	0.012
36	0.964	0.270	-0.002	-0.108	0.000	0.000	0.012
37	0.919	0.250	-0.047	-0.128	0.006	0.002	0.016
38	0.893	0.220	-0.073	-0.158	0.012	0.005	0.025
39	0.975	0.310	0.009	-0.068	-0.001	0.000	0.005
40	0.987	0.350	0.021	-0.028	-0.001	0.000	0.001
41	0.984	0.360	0.018	-0.018	0.000	0.000	0.000
42	0.948	0.300	-0.018	-0.078	0.001	0.000	0.006
43	0.860	0.200	-0.106	-0.178	0.019	0.011	0.032
44	0.831	0.150	-0.135	-0.228	0.031	0.018	0.052
45	0.963	0.230	-0.003	-0.148	0.000	0.000	0.022
46	0.984	0.330	0.018	-0.048	-0.001	0.000	0.002
47	0.971	0.220	0.005	-0.158	-0.001	0.000	0.025
48	0.994	0.310	0.028	-0.068	-0.002	0.001	0.005
49	0.989	0.300	0.023	-0.078	-0.002	0.001	0.006
50	0.984	0.280	0.018	-0.098	-0.002	0.000	0.010
51	1.000	0.300	0.034	-0.078	-0.003	0.001	0.006
52	0.995	0.260	0.029	-0.118	-0.003	0.001	0.014
53	0.887	0.130	-0.079	-0.248	0.019	0.006	0.061
54	0.990	0.230	0.024	-0.148	-0.004	0.001	0.022
55	0.987	0.230	0.021	-0.148	-0.003	0.000	0.022
56	0.995	0.230	0.029	-0.148	-0.004	0.001	0.022
57	0.998	0.230	0.032	-0.148	-0.005	0.001	0.022
58	0.977	0.240	0.010	-0.138	-0.001	0.000	0.019
	56.034	21.920			0.156	0.090	1.075

Elaborado por: Darwin Moya

La **Tabla 14** muestra los valores necesarios para generar la correlación de Pearson para el mes de noviembre. El modelo de cálculo se lo genera en Excel para automatizar el cálculo de todos los días. Obtenidos los valores necesarios se procede a utilizar las ecuaciones siguientes y el valor de correlación obtenido es:

$$r_3 = 0.50$$

Todos los cálculos anteriormente realizados se resumen en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Tabla de resumen de correlación r3

n =	58
$\Sigma x =$	56.034
$\Sigma y =$	21.92
$\Sigma X.Y =$	0.156
$\Sigma X^2 =$	0.09
$\Sigma Y^2 =$	1.075
Correlación	0.5

Elaborado por: Darwin Moya

Tanto la **Tabla 14** y Tabla 15 muestran todos los valores utilizados para obtener la correlación entre las variables CALIDAD VS OEE (Overall Equipment Efficiency) que con 58 datos obtenidos muestra una correlación de 0.50, que como se detalla más adelante esta correlación es medianamente fuerte y podría de cierta manera tener influencia sobre el valor de OEE calculado sin embargo no es una de las más fuertes.

Y se realizó un gráfica de dispersión para visualizar la tendencia de correlación de ambas variables.

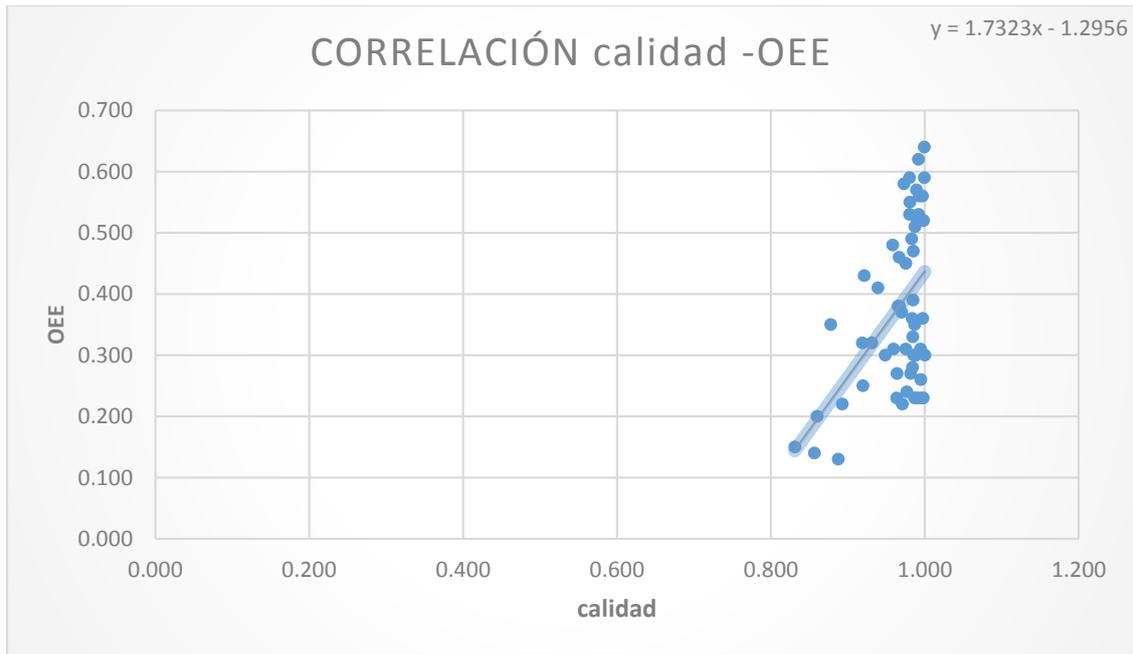


Figura 25: Correlación entre calidad y OEE para todos los datos

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

La Figura 25 muestra la dispersión de los puntos de calidad. No se observa que exista una fuerte relación de linealidad con el OEE sin embargo aparentemente esta medianamente ligada y tiene cierta influencia.

Para determinar el tipo de relación que existe entre las variables se tomará como criterio los valores indicados en la Tabla 16.

Tabla 16: Correlación lineal entre dos variables

Valores de r	Tipo y grado de correlación
-1	Negativa perfecta
$-1 < r \leq -0.8$	Negativa fuerte
$-0.8 < r < -0.5$	Negativa moderada
$-0.5 \leq r < 0$	Negativa débil
0	No existe
$0 < r \leq 0.5$	Positiva débil
$0.5 < r < 0.8$	Positiva moderada
$0.8 \leq r < 1$	Positiva fuerte
1	Positiva perfecta

Fuente: (Hurtado & Domínguez Sánchez, 2009)

Elaborado por: Darwin Moya

La tabla expuesta señala los valores que generan una correlación fuerte o débil entre dos variables, según esta tabla se comparará los valores obtenidos previamente en los cálculos.

- Para r_1 , la correlación es de 0.285 y corresponde a un grado de correlación positivo débil.
- Para r_2 , la correlación es de 0.98 y corresponde a un grado de correlación casi positiva perfecta
- Para r_3 , la correlación es de 0.5 y corresponde a un grado de correlación positiva moderada.

Respecto a esto se puede analizar que las tres variables influyen sobre el OEE de manera que si se mejora cualquiera de las tres se generará aumento de la misma debido a

su relación positiva. Cabe destacar que r^2 , es decir la correlación entre rendimiento vs OEE es la más significativa y la que tiene a 1 por lo que se deberá atacar a esta variable para mejorar el rendimiento de los equipos y de la empresa.

Análisis de Productividad

Se puede observar en las gráficas que las medidas de OEE están por debajo de la mitad de su capacidad lo que indica que se están generando pérdidas en la producción con este equipo.

Un bajo porcentaje de OEE muestra la subutilización del equipo, es decir o no se lo está aprovechando como debería ser y puede que hasta se genere más gasto tenerlo o que en su defecto se requiera de un equipo de menos capacidad al que si se pueda aprovecharle el 100% y que vaya acorde a la producción

De todos los factores que inciden en el OEE se observa que el rendimiento es el menor de todos y precisamente se debe a que no se está aprovechando toda la capacidad que está dispuesta a entregar la maquinaria.

Se concluyó que la correlación que existe entre la variable Desperdicios generados y tiempo de funcionamiento de la línea inciden a sobre la eficiencia real de los equipos en un grado débil, este indicador depende de varias variables, pero se puede determinar una tendencia en las gráficas de dispersión, que pueden guiar con parámetros para mejorar la eficiencia del proceso.

Se observa debido a la correlación generada que la variable que más incidencia tiene sobre el OEE es el rendimiento, por lo que se requiere generar alternativas que mejoren a este parámetro.

Verificación de la hipótesis

Hipótesis:

El proceso de extrusión de PVC incide en la productividad de la empresa Tigre Ecuador S.A.

Ante esta hipótesis, se puede decir que es cierto que el proceso de extrusión de la línea de tubería si incide sobre la productividad de la empresa Tigre, la medida productiva del OEE permite conocer que los equipos están siendo subutilizados o quizá son sobredimensionados para la cantidad que se produce a diario, de manera que se puede apuntar a una mejora del proceso con el objetivo de incrementar la producción de la mencionada línea y por ende de la empresa. Principalmente se analiza que la producción neta de productos en Kilogramos es demasiada baja comparada con la capacidad instalada en los equipos.

Conclusiones y Recomendaciones de la investigación

Conclusiones

- El proceso productivo de la línea de PVC consta de la máquina extrusora, la tina de vaciado para la formación del tubo, el paso por el halador, el cortador y la acampanadora para la obtención del producto. Esta línea es operada por una persona que se encarga del arranque y puesta en marcha de la línea. Se ha logrado definir las etapas involucradas en el proceso con el propósito de detectar los posibles problemas de línea.
- Actualmente los indicadores de OEE marcan un valor de 47 % para el mes de noviembre y 28% para el mes de diciembre de 2016, siendo una baja capacidad de utilización y pudiendo generarse mucho más por parte de los equipos. Esta evaluación involucra factores de disponibilidad, rendimiento y calidad para el equipo de extrusión.
- El valor de OEE tiene por objetivo alcanzar el 100% idealmente, no puede ser posible pero si se opera en valores superiores al 70% se considera que los equipos está siendo utilizados en una capacidad aceptable.

Recomendaciones

- Se recomienda analizar los factores que inciden en el rendimiento, puesto que este valor necesita mejorar imperativamente para mejorar el OEE
- Se recomienda plantear la propuesta de manera que vaya enfocada a mejorar el rendimiento de la maquinaria involucrada en la extrusión.
- Se recomienda analizar si la disponibilidad del equipo es la adecuada o se están perdiendo tiempos por paralizaciones de mantenimiento
- Se recomienda explorar por qué motivos no se mantiene un OEE estándar y que por lo general a principio de mes es alto y decae conforme se acerca el fin de mes.

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Título

“DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIONES PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA EMPRESA TIGRE ECUADOR S.A.”

Datos Informativos

La empresa que es motivo de estudio y a su vez objetivo de esta propuesta es TIGRE S.A ubicada en la ciudad de Quito en el sector de Carapungo. El análisis realizado se ejecuta sobre la línea de extrusión de PVC de la máquina Battenfeld Cincinatti BEX 92 que fabrica tubería de 110 mm espiga campana para diferente presión y en longitudes de 3 o 6 metros.

Antecedentes de la propuesta

Una de las medidas que permite evaluar la productividad no solo de equipos sino de toda una empresa en general, es conocida como OEE por sus siglas en inglés Overall Equipment Efficiency, esta medida cuantifica la eficiencia productiva mediante la evaluación de los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad, tomando en cuenta factores como horas de funcionamiento, cantidad producidas y errores o desperdicios generados. Se habla de que un OEE aceptable es aquel que está sobre el 75% de la utilización de los equipos productivos. Particularmente y puntualizando el caso de la empresa Tigre SA de la ciudad de Quito, se ha detectado un problema de productividad en la línea de extrusión de la máquina Battenfeld Cincinatti BEX 92, por ineficacias,

baja productividad, mala planificación de la producción y poco diálogo entre departamentos internos de almacenamiento, ventas y producción.

El valor de OEE promedio según lo estudiado para los días correspondientes a los meses de noviembre y diciembre son de 47% y 28% respectivamente. Lo que indica de manera general una subutilización de la línea o quizá una falta de organización en la producción. El análisis de correlación de variables indica que la de mayor influencia es la de rendimiento, seguida de calidad y por último la disponibilidad.

Es por este motivo que se plantea una propuesta de alternativas de plan de mejora de productividad basada en el mismo análisis del indicador OEE para mejorar la capacidad productiva que genera la empresa de manera general y que pueda ser tomada como referente para las demás líneas de producción internas. Llegar al 100% tampoco sería lo más satisfactorio puesto que esto indicaría que la empresa queda pequeña pero es un indicador de que tan bien se están utilizando los recursos humanos, productivos, materiales para la producción del bien en este caso con el propósito de generarle satisfacción al cliente.

Objetivos de la propuesta

General

Diseñar un manual de operaciones para el arranque del proceso en la línea de extrusión de tubería de PVC, en la empresa Tigre SA.

Específico

- Analizar el Organigrama para los puestos de trabajo relacionados a la línea de producción dentro de la empresa Tigre SA.

- Establecer un flujograma de procesos para diferentes puestos involucrados en la línea de extrusión de PVC.
- Establecer un Check List de verificación de actividades previas para reducir fallas y desperdicios en la línea de PVC.

Justificación de la propuesta

Económica

La falta de comunicación entre los diferentes departamentos como son los involucrados en producción, los de ventas, y administración de bodegas generan que exista cierta descoordinación en las actividades, lo que de cierta manera afecta a la productividad de la empresa.

En la actualidad particularmente enfocándose en la línea de extrusión de tubería PVC cuyo corazón es la máquina Battenfeld Cincinatti BEX 92, la carencia de un flujograma de proceso, manual de operaciones y verificaciones previas al arranque de la línea hacen que el proceso se lo lleve de forma empírica. Muchos problemas de demoras, reducción de producción y generación de desperdicios excesivos se generan solo porque no existe una inspección previa de los equipos, que si se los realiza constantemente evitarían las pérdidas mencionadas.

Como ya se había mencionado previamente un OEE bajo indica que nuestra planta no está siendo aprovechada a su máximo de producción lo cual es negativo ya que visto desde otro punto no sería necesario que existan equipos tan grandes para pequeñas cantidades productivas, puesto que los costos de mantenimiento y operativos tampoco dejaran de ser menores. La propuesta espera generar estándares que eviten pérdidas de material como desperdicio por errores operativos, sería una alternativa satisfactoria que incrementaría la capacidad productiva y por ende la mejora de uno de los indicadores como lo es el OEE de la línea y a su vez de la empresa.

Técnica

Desde el punto de vista técnico la propuesta es ampliamente viable puesto que sería el primer paso para tener un proceso con mayor calidad. El equipo de igual manera está en la capacidad de ser modificado para proporcionar ciertas mejoras al proceso.

Se planea que el operador siga ciertos parámetros técnicos y ordenados que poco a poco desplacen los conocimientos empíricos con los que se ha estado trabajando. El operador está en la capacidad de seguir estos nuevos pasos para evitar daños en el equipo, solventar problemas en la maquinaria a tiempo o a su vez de comunicar cualquier inconveniente a su puesto superior.

Desarrollo de la propuesta

Factibilidad

Con el propósito de mejorar la calidad de los trabajos realizados en la línea de extrusión, se propone generar un manual de operaciones para el arranque del equipo, que es una de las etapas más críticas de todo el proceso, puesto que de no estar calibrado correctamente el equipo se incurre en tiempo perdido, en generación de desperdicios adicionales que deberán ser reprocesados y que de manera general restan el valor productivo de la línea.

Estas fallas como se observan en el capítulo 4 son motivos de un bajo OEE, que hablando ya en términos económicos puede ser muy crítico, puesto que el objetivo de una planta es mantenerla trabajando en un orden superior al 75% y no en órdenes inferiores al 50%. Aumentar la productividad es uno de los objetivos y eso tiene que ver con que tan rápido y con cuanta calidad se está produciendo por lo que mantener un orden en los pasos de ejecución garantiza el correcto funcionamiento de los equipos permitirán incrementar la fabricación del producto y conseguir mejores réditos económicos.

Partes que comprenden el proceso de extrusión de PVC en la fabricación de tubería.

Extrusora

La máquina extrusora es la que se encarga de convertir el material PVC (materia prima del proceso) con la composición y componentes de acuerdo el producto que se desea fabricar. El suministro inicia por la tolva de alimentación que es claramente visible en la parte más alta de la máquina. Internamente se da un proceso de moldeo por temperatura y presión del material que ya está en un estado moldeable. La extrusora posee un cabezal con sus respectivos dados que forman al tubo en diámetro y espesor de pared solicitado.

Características del motor:

Potencia: 67 KW

RPM: 1715 rev-min

Ventilador: 0.5 KW

Tina de vacío y enfriamiento

La tina de vacío se encarga de que el tubo aún caliente resultado de la extrusora pase por un calibrador que le da su diámetro externo, con ayuda del vacío que se genera en la pared externa del tubo, consiguiéndose que el material se pegue a la pared interna de dicho calibrador, todo esto al mismo tiempo que diferentes chorros de agua impactan con la superficie externa del tubo para irlo enfriando.

Es en esta zona donde el tubo adquiere el diámetro preciso solicitado de acuerdo al producto que se esté elaborando. Con la ayuda de un vacuómetro se puede medir la presión negativa que se está generando en la cámara para el conformado definitivo del tubo.

Características del equipo:

Agua para enfriamiento a máx. 25°C

Presión de agua 4 bares

Presión de aire mínima de 6 bares

Halador

En este equipo lo que se consigue es que la tubería sea halada desde la máquina extrusora ya que de no tener esta fuerza el material extruido en forma de tubo no podría avanzar por todo el proceso. Son sus orugas las que aprietan el tubo para que pueda avanzar. Además aquí se regula la velocidad con la que se arrastra el tubo por el proceso, de ser muy rápido se podría suscitar que el producto tenga espesores de pared irregulares dando un producto de mala calidad.

Esta velocidad debe ir a la par que la máquina de extrusión además que dentro de este equipo se graba sobre el tubo la marca y características como son diámetro, espesor y presión de trabajo que soporta el tubo. A parte de halar obviamente empuja el tubo hacia las siguientes estaciones de proceso en la línea.

Cortadora

Esta cortadora realiza la función de realizar los cortes y biseles al tubo de acuerdo a la longitud que sea especificada para el producto. Su movimiento rotatorio es lo que le da el nombre de planetario, que corta el tubo a la vez que avanza con el hasta que termina la acción. Su orden de accionamiento la envía a su vez el tubo de adelante que ya salió cortado, una vez que llega a su fin de carrera en base a la longitud deseada se envía la orden de realizar un nuevo corte para un nuevo tubo y así sucesivamente.

Características:

Conformada por 5 cuerpos, la estructura fija, el conjunto llamado mesa, conjunto de mordazas, conjunto de control y el conjunto de corte.

Motores trifásicos de 220-380-440 V 60 Hz, 7.5 KW

Acampanadora

La acampanadora está constituida por tres equipos, dos hornos de precalentamiento y la acampanadora propiamente conocida. Lo que aquí se busca es forma la campana de conexión que tendrán entre tubos. La campana es el capuchón que rodea al nuevo tubo cuando se conectan.

Cuando el tubo viene desde la cortadora, este se mueve al primer horno donde la cabeza que va a ser formada tiene que ser calentada nuevamente a la temperatura de conformado. Pasa posteriormente a un segundo horno que eleva la temperatura aún más al punto que se pueda moldear la campana. Cuando pasa finalmente a la acampanadora esta ingresa y con la forma predeterminada se enfría al tubo con agua para acelerar la velocidad de enfriamiento.

Una vez acampanado el tubo este sale finalmente al almacén donde se recoge toda la producción de tubos para que un montacargas lo retire.

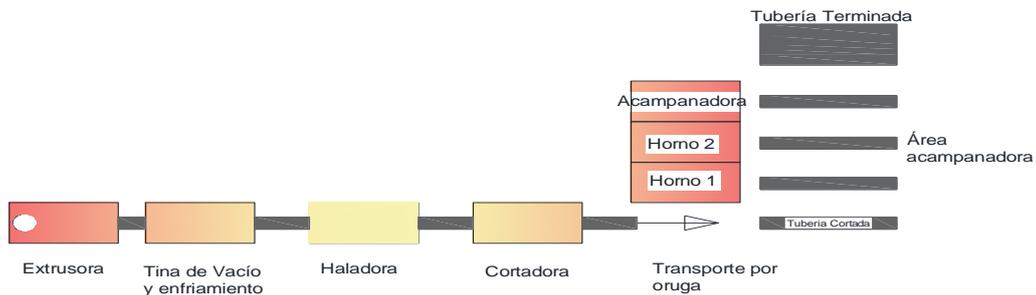


Figura 26: Esquema de la distribución de equipo en la Línea de extrusión

Elaborado por: Darwin Moya

Análisis del organigrama de la empresa

Es necesario verificar el organigrama con los puestos de trabajo que están involucrados en toda la empresa y que independientemente de la línea productiva tiene aplicación para verificar los puestos y sus relaciones o vínculos en nivel jerárquico, para así poder establecer el área de aplicación del manual de operaciones

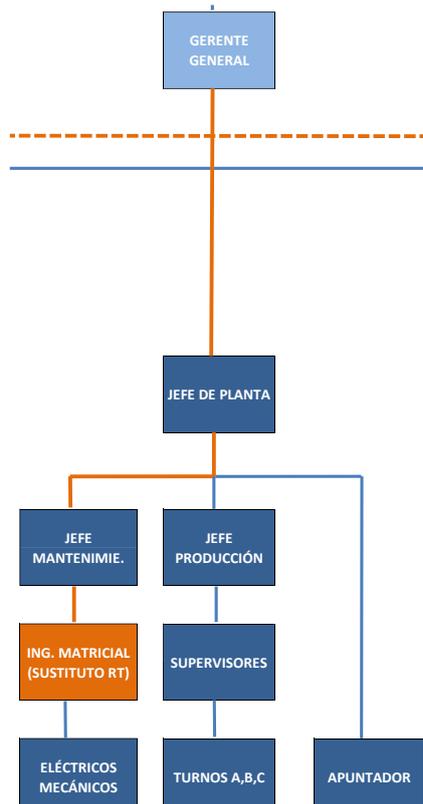


Figura 27: Organigrama específico para la línea de producción.

Fuente: Extracto del Organigrama Tigre SA.

La Figura 67 del anexo muestra el organigrama propuesto de las jerarquías involucradas en la empresa Tigre S.A. que está encabezado por el directorio conformado por las personas encargadas de las decisiones fundamentales de la empresa. A esto le sigue el gerente general de la empresa.

La **Figura 27** muestra específicamente el área de participación del campo productivo, donde debajo de la gerencia general está el Jefe de Planta que está encargado de la supervisión general de todas las líneas productivas que existe al interior de la planta, además tiene a su cargo la responsabilidad de coordinar las actividades con el departamento de logística, la coordinación estrictamente necesaria con el departamento de ventas y el dirigir el vínculo que tiene que tener con el departamento de calidad.

Pasando estrictamente a lo que tiene que ver con la productividad de la línea de extrusión de tubería se encuentra al Jefe de Mantenimiento que está a cargo del personal eléctrico y mecánico, y al Jefe de Producción que está a cargo de los supervisores de la línea y ellos a su vez de cada operador de línea.

Lastimosamente la falta de comunicación que existe actualmente entre los operadores de línea con sus mandos superiores en cuanto tiene que ver con ayuda en resolución de problemas y asistencia en condiciones de productividad no es la más satisfactoria. Muchos procedimientos internos aún no se encuentran estandarizados y se los resuelve empíricamente sin orden en los registros y en los reportes diarios.

El organigrama para el sector de las líneas de producción muestra que debe haber estrecha relación entre los Jefes productivos y de mantenimiento para coordinar las actividades que generen retrasos o pérdidas y a su vez que estén en la posibilidad de participar con las soluciones más favorables para los procesos.

Con el propósito de estandarizar las actividades que se vinculan directamente con la productividad en la línea que tiene como corazón la máquina Battenfeld Cincinatti BEX 92, se propone el siguiente manual de operaciones para los 4 puestos de trabajo que exclusivamente trabajan sobre el desarrollo de la línea.

Uno de los puntos más críticos que incurren en tiempos perdidos y pérdidas de material se encuentra en el arranque de la línea de extrusión puesto que una vez que ya la línea atraviesa dicha etapa, prácticamente la producción se genera sola, y el operador simplemente debe tomar y almacenar el producto a la salida del proceso, además de verificar cualquier anomalía extraña suscitada en la línea.

Para dar validez al organigrama se visualiza que los puestos involucrados en la operación de la línea extrusora de tubería tiene que ver con el operador, supervisor de producción y supervisor de mantenimiento, al igual el técnico de mantenimiento.



Figura 28: Línea de Extrusión de tubería PVC

Fuente: Darwin Moya

Manual

Procedimientos

Para la elección del procedimiento del que es motivo el manual, se consideraron los siguientes factores.

- Proceso que por su complejidad debe ser documentado
- Proceso que implica un riesgo económico
- Proceso que tiene impacto en la calidad del producto.

En base a los parámetros mencionados es necesario la realización del manual para el ARRANQUE DE LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN DE PVC EN LA MÁQUINA BATTENFELD CINCINATTI BEX 92 QUE FABRICA TUBERÍA DE 110 MM

ESPIGA CAMPANA PARA DIFERENTE PRESIÓN Y EN LONGITUDES DE 3 O 6 METROS que de manera general incluye los procesos de:

- **Estado inicial**

Consiste en cambio de herramientas, y puesta a punto para el funcionamiento.

- **Verificación de equipos**

Check list de verificación previo al arranque total de la línea

- **Puesta en marcha**

Encendido y configuración de equipos de línea para la obtención de un producto de calidad.

- **Verificación del proceso**

Obtención de probetas para el departamento de calidad, y verificación de parámetros en general

Una vez que se ha definido, el área de enfoque del manual, el investigador seguirá la siguiente metodología para su desarrollo.

Planeación de estudio

Las actividades siguientes serán realizadas conforma indica la siguiente tabla:

anterior. La inspección visual del proceso fue imprescindible para que se comprenda el desarrollo del proceso y así tener un mejor criterio respecto al proceso que se sigue. El proceso se recopiló en base a fotografías donde se puede apreciar de manera externa los equipos puesto que mostrar el detalle interno no es posible.

El principal método de recolección de la información es el de observación, donde se puede apreciar cómo se desenvuelve el operador a cargo del equipo y en base al supervisor conocer como es el proceso productivo para la extrusión de PVC. En conversación con el operario también se puede apuntar cierta información referente al proceso y cómo funcionan los equipos que integran la línea.

Análisis de la información

Una vez que se ha recopilado la información del proceso, hasta donde se tuvo el acceso, se procede a investigar y analizar cómo se suscita el proceso de extrusión de la línea. Bajo la asesoría y explicaciones de los operarios y supervisores se bosqueja el esquema del procedimiento que será desarrollado posteriormente. Cabe destacar que esta información debe ser validada por quien conoce del proceso.

Registro de la información

Para describir toda la información adquirida se utilizarán flujogramas y la respectiva descripción del proceso de manera que sea claro y comprensible con las etapas que atraviesan los trabajadores para el arranque de la línea de extrusión.

Manual de operación para el arranque de línea de extrusión de PVC



Tigre Ecuador S.A.

2017

Manual de operación para el arranque de línea de extrusión de PVC

Responsable: Darwin Moya

Lugar: Quito-Ecuador

Fecha de edición: 10 de febrero del 2016.

Introducción

El presente documento tiene la finalidad de señalar el procedimiento que se ha de seguir para el arranque de la línea de extrusión de PVC para la máquina Battenfeld Cincinatti BEX 92 que fabrica tubería de 110 mm espiga campana para diferente presión y en longitudes de 3 o 6 metros. El procedimiento aquí descrito vincula estrictamente el que debe seguir el operario de línea sin embargo se incluyen cargos externos que son vitales para el funcionamiento acorde de la línea.

Objetivo

Estandarizar las actividades previas empíricas que sigue un operador de línea de extrusión para que el arranque del equipo sea óptimo, minimice las pérdidas de material, y errores en la fabricación de los productos. Además se indican las actividades extras que se debe seguir en el caso de que exista una anomalía no solucionada por el operador.

Alcance

Este manual se rige estrictamente a la línea de operación de la máquina Battenfeld Cincinatti BEX 92 y de sus subsiguientes (Tinas, halador, cortadora, acampanadora) y exclusivamente a los pasos que debe seguir el operario para que se pueda arrancar la línea bajo las mejores condiciones. Los elementos que debe verificar y las acciones que debe realizar.

Glosario

Se definirá los términos técnicos y operacionales para el mejor desempeño en la utilización de este manual.

Extrusora. Máquina que funde el material PVC para después formarlo por el paso de un cabezal con sus dados y con forma.

Herramientales. Constituido por todo el utillaje de herramientas que deben ser colocadas, sustituidas o calibradas para que se dé el proceso de extrusión.

Dados. Dados de extrusión que le entregan la forma al material fundido, en este caso el PVC

Cabezal. Contiene a los dados y es el último punto por donde atraviesa el material para salir de la máquina extrusora

Calibrador. Es un elemento que da la forma y medida final al tubo de PVC al atravesar la cámara de vacío.

Tina de enfriamiento y vacío. Donde el tubo aún caliente en estado plástico se enfría por efecto de los aspersores con agua y la forma mediante el calibrador que forma al tubo por el vacío en la cámara

Vacío. Presión negativa que genera succión.

Halador. Equipo encargado de halar al tubo formado en estado sólido para que tenga continuidad desde la extrusora hasta la acampanadora.

Cortadora. Equipo encargado del corte y bisel del tubo a la longitud deseada

Acampanadora. Equipo que mediante resistencias genera temperatura y calienta una cabeza del tubo para formar una campana.

Vacuómetros. Dispositivo encargado de medir la presión negativa o succión.

Planetario. Mecanismo de rotación en torno a un eje.

Bomba. Dispositivo encargado de generar la presión de funcionamiento para los procesos.

Procedimientos

ARRANQUE DE LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN

Objetivos del procedimiento

Determinar el proceso de arranque que debe seguir el operario para la línea de extrusión conformada por los equipos, extrusora, tina de enfriamiento y vacío, halador cortadora, acampanadora, pasos y elementos a verificar.

Actividades:

A continuación se detalla el proceso que debe seguir los 4 puestos de trabajo actuantes en el desarrollo de la normal actividad de la línea, siendo el operador el principal involucrado y las demás 3 personas elementos auxiliares que sin embargo ayudan a solventar problemas en la línea. Se busca generar el vínculo además entre el operador y sus supervisores para que el mantenimiento de la línea sea el que genere mayor productividad.

Operador de línea

El operador de línea está encargado del arranque del proceso, verificación de los equipos que la integran, recepción del producto en la salida para el despacho, solución de problemas simples relacionados con el equipo y la verificación del normal funcionamiento:

Estado inicial

1. Cambio de herramientas

La operación de cambio de herramientas involucra la sustitución y verificación de formadores (PIN) de extrusión en el cabezal, verificación del calibrador que son los que darán la medida requerida para el producto final. Este proceso no debe tardar más de 30 minutos

- Desenergizar resistencias y desconectar en conjunto con las termocuplas
- Retirar resistencias mediante una llave mixta 10 y llave allen 6mm, las termocuplas de forma manual tirando suavemente hasta retirar del alojamiento en partes a cambiar
- Aflojar pernos de sujeción (llave allen 14mm)
- Aflojar pernos de centrado (llave allen 14mm)
- Retirar buje/ brida mediante una pluma o tecla
- Aflojar pernos sujetador de PIN con dado 36 mm
- Retirar PIN con guantes resistentes a temperatura
- Colocar herramientas a usar realizando el mismo proceso de forma contraria comenzando desde el fin al inicio
- Tiempo de proceso 30min



Figura 30: Cabezal de extrusión, partes

Fuente: Darwin Moya



Figura 31: Herramientales

Fuente: Darwin Moya

2. Calentamiento de la extrusora a su temperatura de inicio 120°.

Ajustar la temperatura de la máquina extrusora, para que el material que se encuentra en la máquina pueda ser purgado. En el panel de interacción se debe fijar 120 °C. Este proceso le lleva a la máquina aproximadamente 30 minutos.

- Mediante la pantalla táctil seleccionar un cuadro para la zona a calentar
- Ingresar temperatura a 120 °C
- Confirmar con tecla ENTER cuyo símbolo es →
- Tiempo de calentamiento 30 min

La pantalla de control se compone de dos elementos: touch panel o pantalla táctil y el panel con teclas de control descritas en la figura 26.

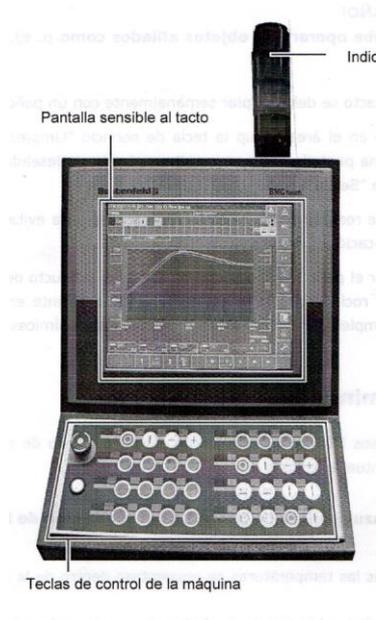


Figura 32: Pantalla control de la extrusora.

Fuente: Darwin Moya

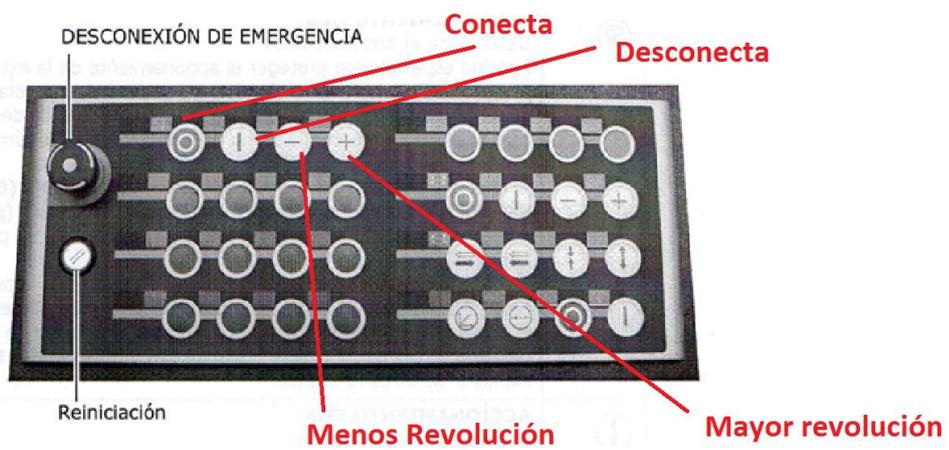


Figura 33: Teclado de control

Fuente: Darwin Moya



Figura 34: Pantalla táctil interactiva para ingreso de temperatura

Fuente: Darwin Moya

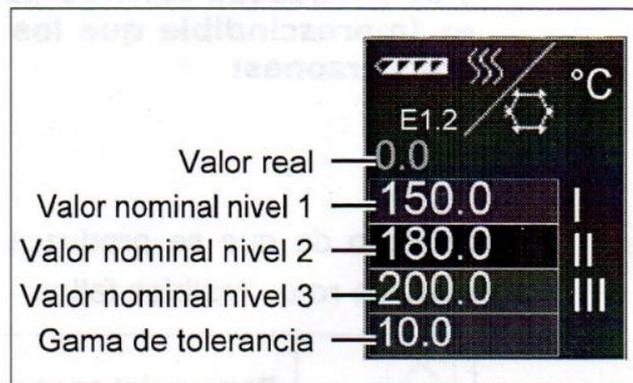


Figura 35: Cuadro de ingreso de temperatura para confirmación.

Fuente: Darwin Moya

En la pantalla táctil debe escogerse la zona de calentamiento para posteriormente ingresar las temperaturas que se desee. Al dar la confirmación la extrusora empieza a calentarse.



Figura 36: Encendido de Resistencias en Extrusora

Fuente: Darwin Moya

3. Incrementar la temperatura de la extrusora a 150°

Una vez alcanzada la temperatura anterior se procede a modificar la misma, como se encuentra descrita en el proceso 2, esta vez a los 150 centígrados. Este proceso conlleva unos 80 minutos aproximadamente.

- Mediante la pantalla táctil seleccionar la zona a calentar al igual que el paso anterior
- Ingresar temperatura a 150 °C
- Confirmar con tecla →
- Tiempo de calentamiento 80 min.

Verificación de equipos

4. Realizar la inspección de funcionamiento y limpieza de filtros antes de arrancar en todos los equipos

En esta etapa el operario debe realizar la verificación del check list propuesto como se detalla a continuación.

CHECK LIST

Como asistencia al operador en el desarrollo de las actividades de arranque de la línea se detalla un check list que propone actividades paralelas previas para un mejor desempeño de los equipos y con el objetivo de minimizar las pérdidas de tiempo y de materia prima

EXTRUSORA

Realiza el proceso de moldeo de PVC, mediante presión generada entre sus tornillos internos y el barril, plastificando el material con la presencia de calor concebido por las resistencias eléctricas

Limpieza de tanque y filtro de vacío

Permite que la bomba de vacío trabaje en estado óptimo, desgasificando el material al ser extruido permitiendo que se compacte de mejor manera el PVC sin generar burbujas de aire en su interior.

- desmontar tapa de acrílico y limpiar manualmente
- desmontar filtro roscable y limpiar con aire comprimido
- montar filtro
- montar tapa de acrílico

Limpieza de filtro de agua

Genera mayor eficacia en el desempeño de la bomba de vacío, ya que trabaja con una cámara de agua y esta es recirculada en un circuito cerrado acarreado impurezas y posterior taponamiento en las entradas de agua a la bomba de vacío

- Cerrar válvula de entrada de agua
- Aflojar manualmente seguro roscable del filtro
- Desmontar filtro y limpiar mediante aire comprimido
- Montar filtro
- Montar seguro roscable y ajustar manualmente
- Abrir válvula de entrada de agua



Figura 37: Filtro de Agua

Fuente: Darwin Moya

Revisar posición de termocuplas

Permite corroborar que la temperatura no varíe en el panel de control

- Verificar que las termocuplas se encuentren en sus alojamientos correctamente en cada zona de calentamiento

Comprobar las resistencias.

- Verificar en pantalla que las resistencias eleven su temperatura

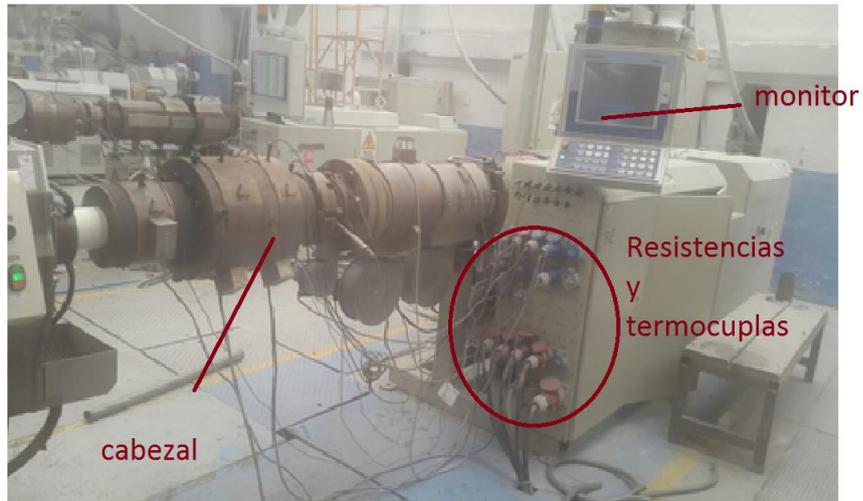


Figura 38: Máquina extrusora

Fuente: Darwin Moya

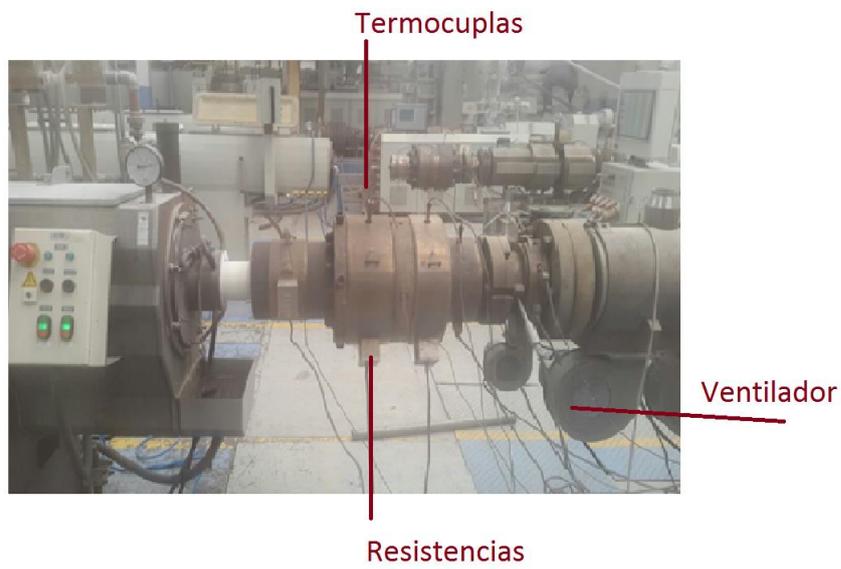


Figura 39: Cabezal de extrusión

Fuente: Darwin Moya

TINA DE VACÍO Y ENFRIAMIENTO

Equipo cuya función es enfriar el tubo extruido y formado mediante el calibrador con la ayuda del vacío generado por la bomba, definiendo el diámetro exterior del tubo.

Encender bomba centrífuga de agua

Permite visualizar la presión en los aspersores de enfriamiento del tubo dentro de la tina

- Verificar que la presión en el manómetro sea positivo 1.5 Bar

Encender bomba de vacío

Probar su funcionamiento antes del iniciar la producción, evitará defectos de calidad en la tubería con respecto al diámetro previsto.

- Verificar que la presión en sus vacuómetros sea negativa -30 “hg

Verificar movimientos de tina

Los movimientos de la tina permiten acercar o alejar a la misma del cabezal de extrusión, ayudando a controlar espesores de tubo.

- Accionar botón de adelantamiento
- Accionar botón de retorno



Figura 40: Tina de enfriamiento y Vacío

Fuente: Darwin Moya



Figura 41: Tina de enfriamiento y Vacío y su conexión con el cabezal de extrusión

Fuente: Darwin Moya

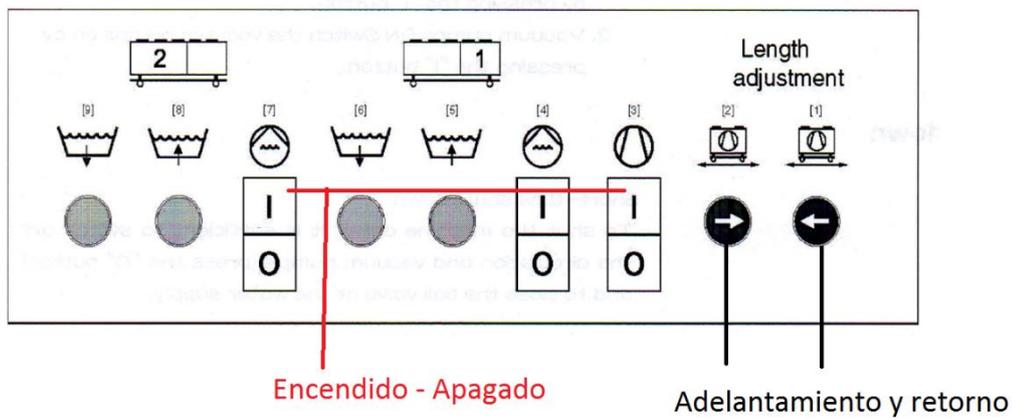


Figura 42: Botón de adelantamiento y de retorno en tablero de control de tina

Fuente: Darwin Moya

HALADOR

Provee el arrastre del tubo extruido mediante sus orugas de caucho, ejerciendo presión sobre la tubería.

Encender Halador

- Verificar movimientos de orugas

Limpieza de filtro en unidad de mantenimiento

Evita que los cilindros neumáticos colapsen por la presencia de agua generada por los compresores en el circuito neumático.

- Despresurizar la máquina ‘
- Desmontar filtro y limpiar manualmente
- Montar filtro y presurizar



Figura 43: Equipo Halador

Fuente: Darwin Moya

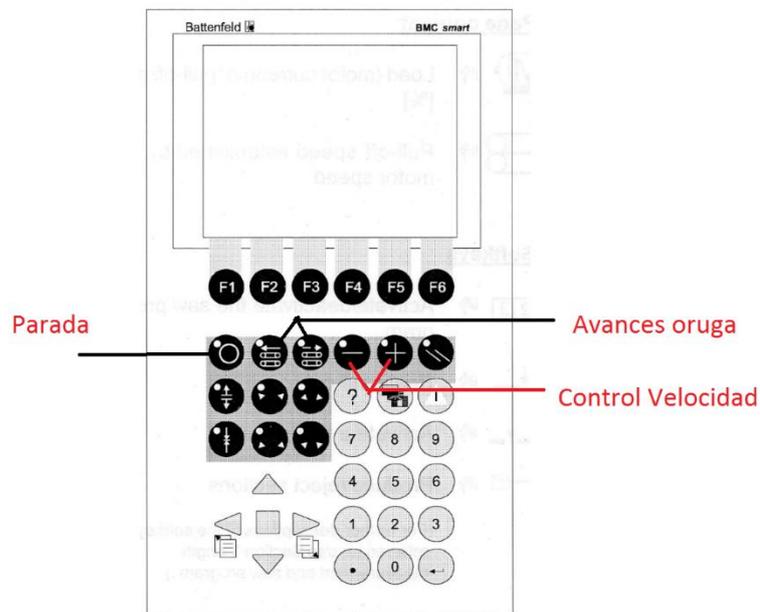


Figura 44: Panel de control Haladora, botones principales

Fuente: Darwin Moya

CORTADORA

Limpieza de viruta generada en el corte

Los residuos generados en el proceso son la principal causa de atascamiento de las guías que accionan la apertura y cierre en las mordazas.

- Mediante aire comprimido limpiar la máquina internamente en el conjunto de corte
- Recoger viruta y depositar en la basura

Verificar disco de corte

Evita cortes con acabados no conformes para el producto terminado en caso de que el disco de corte presente una anomalía.

- Desenergizar equipo
- Visualmente verificar que el disco de corte no tenga daño en sus dientes
- Verificar que sus componentes no estén flojos

Verificación de mecanismo planetario de corte

Permite optimizar el funcionamiento de sus accionamientos mecánicos en el proceso.

- Limpieza de tambor con aire comprimido
- Lubricación de guías de tambor mediante aceite liviano ISO-10



Figura 45: Cabezal de corte

Fuente: Darwin Moya



Figura 46: Máquina Cortadora

Fuente: Darwin Moya

ACAMPANADORA

Máquina que realiza el proceso de deformación mediante calor, adoptando forma determinada por el producto para su acople con tuberías de su misma especie y con enfriamiento brusco para mantener medidas requeridas.

Revisar resistencias en hornos

Verifica que las resistencias de 1000W ubicadas en los hornos estén operativas y no tener daños en el proceso productivo ni generar retrasos.

- Encender resistencias en hornos
- Verificar que las temperaturas se incrementen en la pantalla

Verificar filtro de aire

Evita daños y/o contratiempos con los actuadores neumáticos del sistema.

- Despresurizar la máquina
- Desmontar filtro y limpiar con aire comprimido
- Montar filtro y presurizar equipo

Limpieza filtro agua

Permite que el enfriamiento sea paulatino y que no genere daño en las campanas por taponamiento en la bomba centrífuga.

- Aflojar manualmente seguro roscable del filtro
- Desmontar filtro y limpiar mediante aire comprimido
- Montar filtro
- Montar seguro roscable y ajustar manualmente



Figura 47: Área acampanadora de tubos y acumulación

Fuente: Darwin Moya



Figura 48: Finales de carrera de acampanadora

Fuente: Darwin Moya

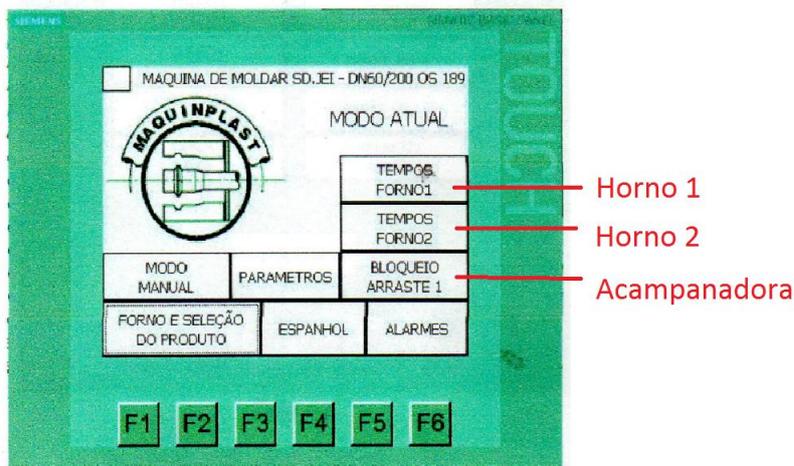


Figura 49: Panel de control para los hornos y acampanadora

Fuente: Darwin Moya

5. Adjuntar a registro de producción por línea.

Este check list una vez que ha sido superado debe ser adjuntado a las hojas de supervisión de línea que son propiedad de la supervisión. Como se puede visualizar en el ANEXO 4

6. La inspección debe generar el visto bueno del operador para continuar con el proceso.

El resultado de la evaluación del Check list le da al operador la luz verde o roja para continuar con el proceso, de no cumplirse a satisfacción la inspección este problema debe ser reportado al supervisor de producción. Esta verificación toma alrededor de 30 minutos

7. Llevar la extrusora a la temperatura de trabajo, entre 160° y 180°

El operador debe fijar nuevamente la temperatura de la extrusora hasta llegar a la temperatura de 160° a 180° que será la temperatura adecuada para el trabajo de la máquina. Llevar a la extrusora a este punto toma 30 minutos.

- Mediante la pantalla táctil seleccionar la zona a calentar (ver paso 2)
- Ingresar temperatura a 180 °C
- Confirmar con tecla →
- Tiempo de calentamiento 30 min

8. Extruir material de purga (paradera)

Este paso consiste en comenzar la extrusión del material que se encuentra en el interior del equipo como residuo, debe ser extruido puesto que no presenta las mejores propiedades para la fabricación del producto. La purga termina una vez que se vacía el material al interior del equipo. Esto toma 30 minutos.

- Encender extrusora pulsando el botón (CONECTA paso 2)
- Disminuir revoluciones de motor en el tablero
- Colocar material de purga paulatinamente hasta que se lo visualice saliendo del cabezal
- Recoger material de purga extruido

9. Comenzar el proceso de extrusión de PVC para estabilizar a la máquina.

Con el material cargado por la tolva que presenta las propiedades deseadas para la fabricación del producto, se inicia la extrusión del material y se fijan parámetros de velocidad, temperatura. Esto debe tomar 10 minutos

- Colocar materia prima PVC en tolva de acumulación
- Extruir el material a bajas revoluciones
- Cuando el material extruido se presenta en el cabezal aumentar revoluciones y estabilizar mediante centro de previo
- Verificar estado de extrusión en mangas

- Tiempo 10 min

10. Centrar espesores en el material extruido

En esta etapa se busca conducir el material que se obtiene de la extrusora hacia el siguiente equipo que es la tina de enfriamiento y vacío para que tome la forma del calibrador dándole así las medidas deseadas de acuerdo a las especificaciones. El proceso requiere de 15 minutos.

- Mediante una llave allen 14 mm ajustar o aflojar según necesidad los pernos de centrado
- Medir con pie de rey o micrómetro el espesor del material extruido
- Tiempo 15 min.



Figura 50: Centrado del Tubo

Fuente: Darwin Moya

11. Encender equipos auxiliares de la línea, como son la tina de vacío y enfriamiento, halador, cortador y acampanadora.

Ya centrado el material en los equipos, se acciona el halador para que siga extrayendo el material desde la extrusora, ya que por sí solo el material no puede avanzar por todo el proceso. La cortadora y acampanadora comienzan a trabajar al mismo tiempo. Esto toma 5 minutos.

- Interruptores en ON en paneles de control
- Colocar guía de tubería de PVC
- Tiempo 5 min.



Figura 51: Tablero de encendido de las tinas de vacío y enfriamiento

Fuente: Darwin Moya



Figura 52: Encendido del halador

Fuente: Darwin Moya

12. Pasar el producto mediante guía.

El producto debe posicionarse adecuadamente para que pueda ser halado por este quipo. Esto toma 5 minutos aproximadamente.

- Amarrar producto extruido mediante soga a tubo guía
- Sincronizar halador y pasar tubería nueva controlada que no se rompa
- Encender bomba centrífuga de agua para enfriamiento de tubo nuevo.
- Encender bomba de vacío para determinar el espesor deseado.

13. Relacionar velocidad de halador con extrusora

Es de vital importancia realizar esta sincronización de velocidad entre los quipos para evitar secciones irregulares en espesor durante toda la tubería que viene desde la extrusora. Esta calibración debe ser realizada en 3 minutos.

- Aumentar velocidad de extrusión relacionando con velocidad de halador para evitar rotura de material extruido.
- Estabilizar velocidades para producción requerida.



Figura 53: Regulador de Velocidades en el Halador y HMI

Fuente: Darwin Moya

14. Calibrar la longitud de corte y ajuste de bisel

La calibración de la longitud es importante puesto que depende de las especificaciones de longitud del producto final, además se calibra la cuchilla de corte y el ángulo de biselado requerido para el producto. Esto toma 10 minutos.

- Aumentar o disminuir el valor numérico en la pantalla touch panel para determinar la longitud de corte.
- Verificar que el bisel esté bien formado en el tubo, el bisel es estándar.



Figura 54: Panel de encendido de cortadora

Fuente: Darwin Moya

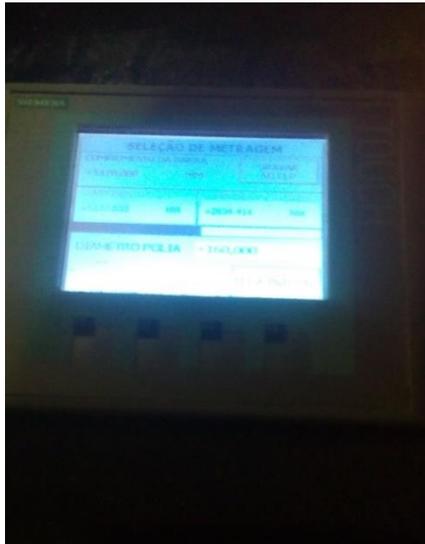


Figura 55: Pantalla de calibración de longitud de corte

Fuente: Darwin Moya



Figura 56: Pantalla Interfaz de manejo de cortadora

Fuente: Darwin Moya



Figura 57: Calibración del equipo de corte y bisel

Fuente: Darwin Moya



Figura 58: Calibración de la longitud de corte de la tubería.

Fuente: Darwin Moya

15. Calibrar la formación de campana y cauchos en caso de ser U/R.

Aquí se debe calibrar en función de los tiempos de salida de la cortadora de tubo, de forma que una vez que se corta el tubo este ingrese rápidamente al primer horno, y cuando este pase al siguiente ya este cargado en el primero un nuevo tubo que salió desde la cortadora. El proceso tarda 3 minutos.

- Colocar tiempo de calentamiento de hornos en touch panel.
- Encender resistencias.
- Colocar tiempo de enfriamiento de campana en touch panel.
- Elevar o bajar mesa de traslado para que la campana sea uniforme.
- Realizar pruebas en tubos scrap.
- Tiempo 3 min.



Figura 59: Panel de control de acampanador y señales

Fuente: Darwin Moya



Figura 60: Calibración y colocación de pines para acampanadora

Fuente: Darwin Moya

16. Extraer probetas para pruebas de calidad y anotar la velocidad de la línea de producción en el registro de producción.

Dentro de los primero tubos fabricados el operador debe obtener una muestra para que sea trasladada hacia la verificación de calidad. Esto tarda 5 minutos al operador

- Realizar cortes manuales en cortadora planetario para obtener probetas de ensayos de calidad.
- Anotar parámetro de línea en hoja de producción.
- Verificar pruebas de calidad.



Figura 61: Probetas para pruebas de ensayo

Fuente: Darwin Moya

17. Una vez que las probetas seleccionadas aprueban el control de calidad establecido se continúa el proceso para cumplir con la documentación requerida.

En este paso, si se da luz verde para continuar la producción habrá finalizado el proceso de arranque, caso contrario se debe reajustar los parámetros establecidos en los equipos, y de no darse aún una mejora se debe detener la línea.

CONTINUAR CON EL PROCESO

- Llevar conteo de productos obtenido si el proceso de pruebas de calidad es óptimo.

VERIFICAR POSIBLES CAUSAS

- Si el proceso de calidad es negativo verificar posibles causas.
 - ✓ Reajuste temperaturas de hornos.

- ✓ Material mal mezclado/preparado.
- ✓ Temperatura de enfriamiento, muy baja o muy brusco el enfriamiento.

CONTINUAR CON EL PROCESO

- Llevar conteo de productos obtenido si el proceso de pruebas de calidad es óptimo.

PARAR LÍNEA DE PRODUCCIÓN

- En caso de no tener resultado en corrección de posibles causas parar línea de producción para no generar scrap.

Observaciones:

En caso de que el operador detecte en la inspección previa de arranque alguna inconformidad mecánica o eléctrica señalada en el Check list o un daño en la línea de producción, este si se encuentra en la capacidad de solucionarlo, está en la obligación de reportarlo y solucionarlo.

Si el problema es mucho más complejo, el daño debe ser reportado al supervisor de producción en turno para su solución.

Más adelante en el proceso, de encontrarse que la producción no satisface los requisitos de calidad del producto, este deberá verificar los parámetros de operación como son temperaturas, velocidades de producción e inspección de la materia prima inicial.

De persistir los problemas mencionados se debe parar la línea de producción definitivamente para una inspección más minuciosa.

Las siguientes actividades desarrolladas por las siguientes personas, son auxiliares a la solución de un problema técnico en la línea si el operador no estuvo en la capacidad de solucionarlo.

Supervisor de Producción

Con el daño registrado en la línea de producción el supervisor debe:

- Solucionar el problema en base a su inspección, pero de no ser así deberá generar una orden de trabajo para el sector donde se detecta el problema.
- Entregar la orden de trabajo al supervisor de mantenimiento.
- Una vez que se haya generado una solución al problema este deberá firmar la conformidad en la ejecución del trabajo y verificar la solución.
- La orden de trabajo debe ser adjuntada con la hoja de producción diaria.

Supervisor de mantenimiento

- El supervisor de mantenimiento debe recibir orden de mantenimiento del supervisor de producción.
- Este debe verificar que tipo de mantenimiento se requiere, si es de tipo mecánico o eléctrico para determinar el tipo de técnico adecuado.
- Designar el técnico encargado de la reparación.
- Ingresar en el sistema de mantenimiento los datos de toda la información suscitada por el inconveniente.

Técnico de mantenimiento

- En base al tipo de daño (eléctrico o mecánico), este debe recibir la orden de trabajo.
- Ejecutar el trabajo de reparación o mantenimiento conforme a la orden.
- Entregar el trabajo aprobando la solución del problema.
- Llenar la orden de trabajo donde se detalle hora de recepción, hora de finalización, detalle del diagnóstico y solución y los repuestos que pudo incluir el equipo.
- Entregar la orden de trabajo al supervisor de mantenimiento.

Método de trabajo

Normas de operación

Tabla 18: Normas procedimientos generales

Información	Procedimiento de Arranque
<i>Dependencia</i>	Producción
<i>Entidad</i>	Tigre SA
<i>Nombre del procedimiento</i>	Arranque línea de extrusión tubería
<i>Responsable de la ejecución</i>	Operador
<i>Número de actividades</i>	17
<i>Norma</i>	Reglamento Interno
<i>Tantos</i>	1

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

Flujogramas

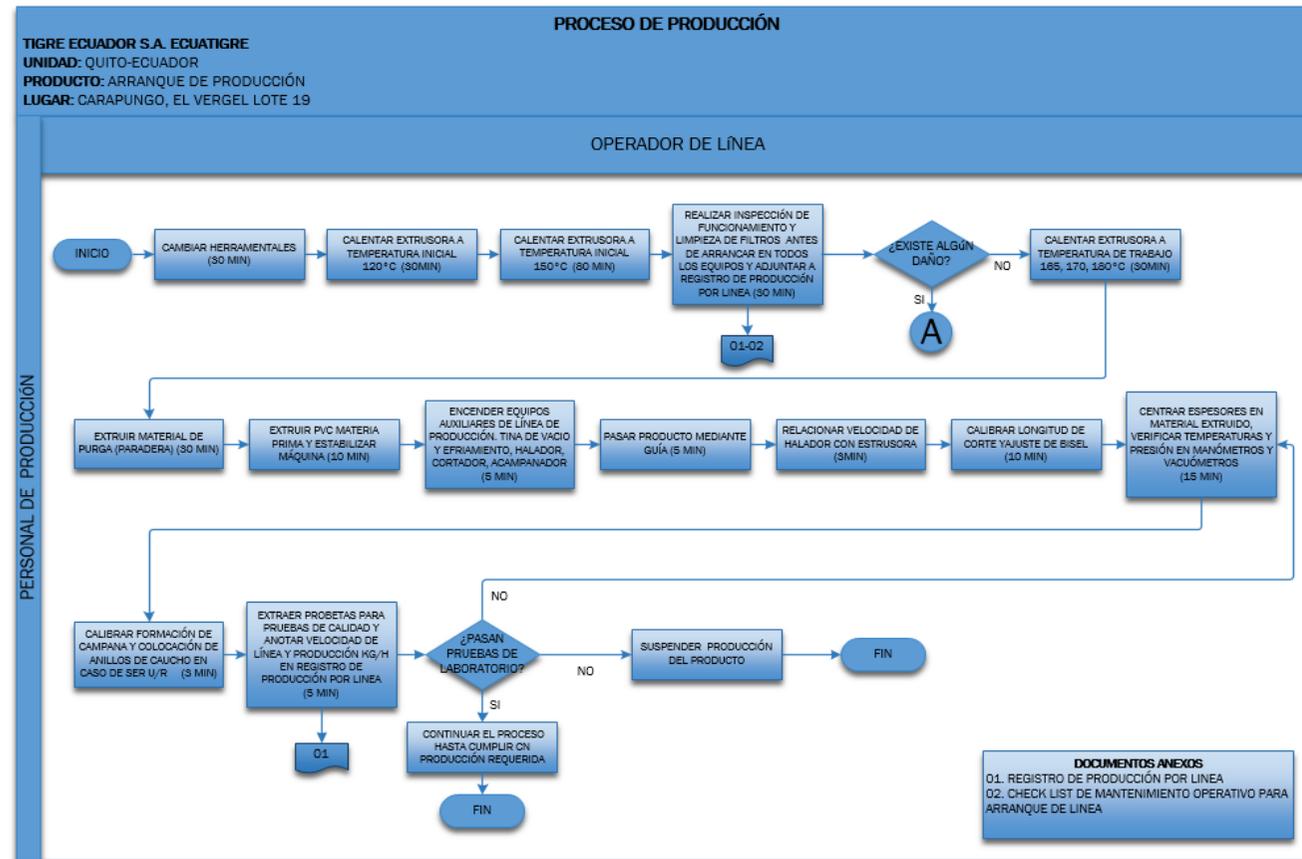


Figura 62: Flujograma para el proceso de arranque de línea a cargo del operador

Fuente: Darwin Moya

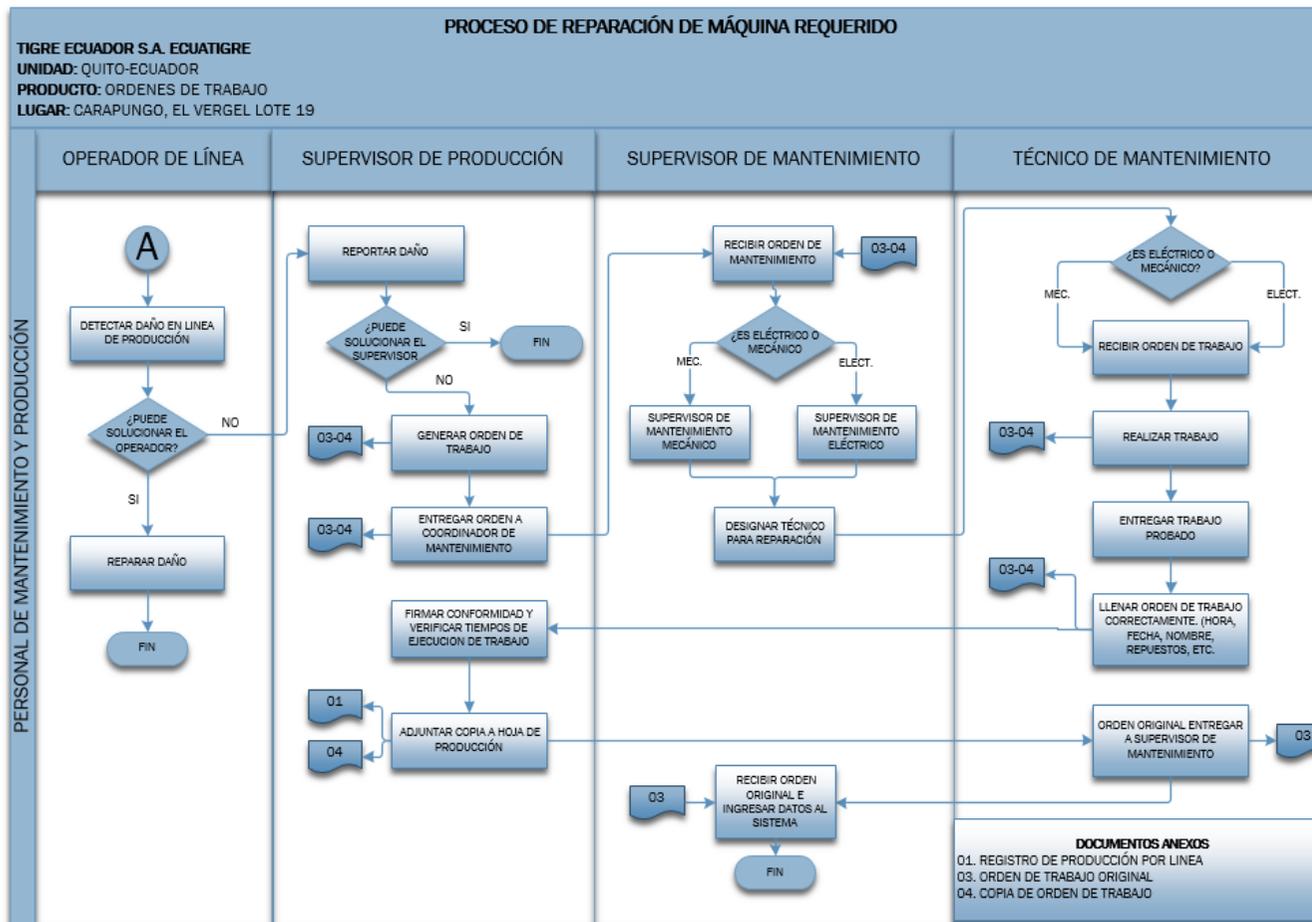


Figura 63: Flujograma para procesos auxiliar de mantenimiento de línea

Fuente: Darwin Moya

Perfil del Involucrado

Perfil operador

Técnico Operador de línea de extrusión de tubería de PVC

Perfil del cargo:

1. Instrucción Formal:

Técnico Superior, Bachiller Técnico mínimo

2. Área de Conocimiento Formal:

Tecnología Electromecánica

3. Expertis en el área: 2 años desempeñando actividades relacionadas tales como:

- Operación de equipos de producción
- Diagnostico eléctrico y mecánico básico de equipos
- Identificar anomalías productivas en línea
- Buena comunicación y consulta de actividades.
- Seguimiento de normas y procesos

4. Capacitación

- Órdenes de trabajo
- Reportes de producción
- Mantenimiento Preventivo

- Procedimientos Operativos de Seguridad
- Control de Variables de Proceso en Equipos
- Procesos de Calibración

Base jurídica

Este manual de ninguna manera interfiere con las leyes vinculadas a la fabricación de tubería, al contrario es un paso más para la mejora de calidad continua que se busca en los procesos productivos.

Los productos fabricados deben estar acordes a:

- Norma ISO 9001
- Norma ISO 14001
- OSHAS 18001
- Sellos de calidad INEN
- Acreditación SAE
- INEN 1373 para tubería de presión
- INEN 1374 para tubería de desagüe
- INEN 1869 para ductos

Validación de la información recolectada

La información que recolecte el operario durante el arranque de la línea de producción será verificada y validada a través del formato de Arranque de línea que se encuentra en el Anexo 4.

El operador es responsable de entregar este documento al supervisor de producción siempre que se arranque la línea. Cualquier observación generada en el proceso de inspección de igual forma deberá ser reportada en el documento.

Tabla 19: FICHA IDENTIFICATIVA DEL PROCESO

FICHA IDENTIFICATIVA DEL PROCESO	
Lugar de elaboración	Quito- Carapungo -Ecuador
Tipo de proceso	Productivo
Código del proceso	L2
Versión	Primera
Fecha de última actualización	10/02/2017
Nombre del proceso	Arranque de línea de extrusión de tubería
Participantes del proceso	Supervisor de Producción
	Operador de línea
Observaciones.	Registro a cargo del operario
Vigencia	Indefinida
Revisado por	Jefe de Planta

Fuente: Darwin Moya

Elaborado por: Darwin Moya

Beneficio de la Propuesta

Puesto que el objetivo primordial es mejorar el valor de OEE de la empresa se verifica a continuación que factores son los que se deben cambiar para conseguir el propósito.

Actualmente el OEE promedio de los datos (**Tabla 21**) es:

$$\text{OEE promedio} = 0.377$$

$$\text{OEE\%} = 37.7\%$$

El valor de ocupación de los equipos de 37% muestra la subutilización de la línea, cuando el caso más óptimo de OEE según (Wikipedia, 2017) esta entre el 85 y 95% considerando a esto un rendimiento bueno. Se debe analizar cuáles son las causas que generan este valor que incide directamente sobre la productividad.

Las ecuaciones para el cálculo de OEE detalladas en el capítulo IV, análisis e interpretación de datos, correspondiente a la página 48. Permitirá determinar el beneficio de la propuesta presentado por el siguiente análisis:

$$OEE = \text{disponibilidad} * \text{rendimiento} * \text{calidad}$$

Una mejora del OEE dependerá de una mejora en los valores de disponibilidad, rendimiento, calidad. En teoría mientras más cercanos a 1 sean los mismos se garantiza un mejor OEE

Disponibilidad (d):

Para mejorar el valor de disponibilidad y hacer que este crezca muy cercano a 1 según la ecuación anterior se debería aumentar el tiempo de funcionamiento de la línea, de manera que sea muy similar al tiempo de disponibilidad de la línea.

Rendimiento (r):

Para mejorar el valor del rendimiento y acercarlo a 1 según la ecuación anterior se debería buscar aumentar PR que es la producción real, y por el contrario disminuir (c) que es la capacidad de la máquina y disminuir TF que es el tiempo de funcionamiento de la línea. Pero aquí se generan dos observaciones, la primera es que la capacidad del equipo (c) no puede reducirse puesto que ya la máquina posee esta capacidad y no sería conveniente alterar su funcionamiento, por el contrario se podría adquirir una nueva máquina de menor capacidad lo cual tampoco resulta beneficioso, el valor de (c) no puede ser modificado. La segunda observación es que TF tiempo de funcionamiento no puede reducirse puesto que yo deseo que este tiempo sea mayor para poder aumentar la producción. Por lo que la única alternativa sería mejorar el valor de PR y esto solo puede ser logrado reduciendo las paras innecesarias y aumentando la velocidad de producción.

Calidad (c):

Para mejorar el valor de calidad según la ecuación anterior la única opción sería que los desperdicios generados sean 0 lo cual es casi imposible puesto que siempre se generan estos por la naturaleza misma del proceso de extrusión y las máquinas. Se podría reducir garantizando la reutilización de estos desperdicios para generar materia prima útil.

En base a este análisis se determina que lo prioritario con lo que se debe trabajar para el mejoramiento del OEE se resumen en la siguiente tabla:

Parámetro de OEE	Parámetro de Mejora	Alternativa de Mejora
Aumentar el tiempo de funcionamiento	Disponibilidad	Manual de Operaciones
Aumentar Producción Real	Rendimiento, Calidad	Manual de Operaciones Modificación al Equipo
Aumentar Velocidad de Producción	Rendimiento	Modificación al equipo
Disminuir los desperdicios	Calidad	Manual de Operaciones

Elaborado por: Darwin Moya

Las modificaciones al equipo realizado por parte del personal de mantenimiento, con miras a la mejora de estos parámetros fueron los siguientes:

- Sustitución del método de enfriamiento en la acampanadora de tubería puesto que para que se enfríe la campana del tubo y pueda ingresar otro al equipo se dependía del aire como medio. La sustitución de este método por un chorro de agua ayuda a un enfriamiento más rápido. Se espera que su implementación mejore la velocidad de producción en un orden de 3 a 1. Implementado en el mes de enero aún a espera de evaluación de OEE

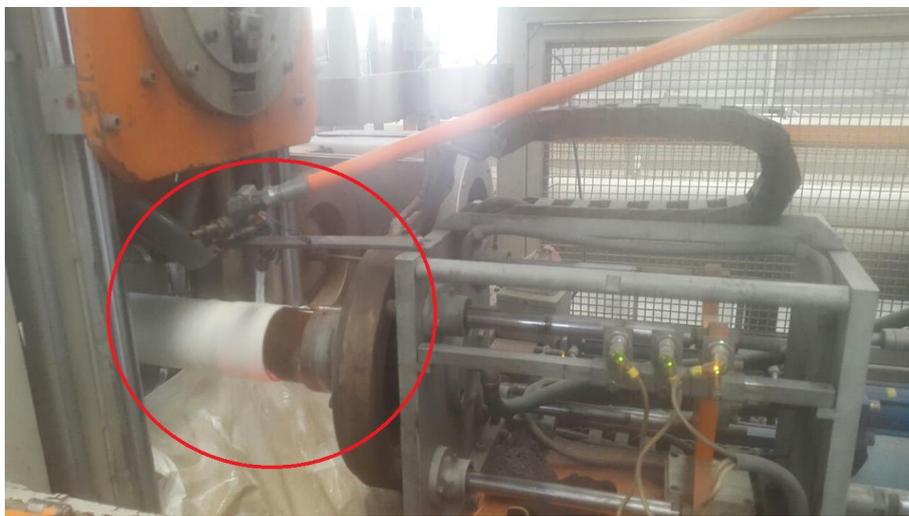


Figura 64: Método de enfriamiento por agua en el acampanamiento de tubería

Fuente: Darwin Moya

- De igual manera se calibraron los finales de carrera de los hornos. Antiguamente se tenía que esperar a que un tubo que viene pase de la cortadora hacia el primer horno, esperar su calentamiento, pasar al segundo horno, esperar su calentamiento, y pasar a la acampanadora y esperar la formación de la campana sí que pueda ingresar otro tubo aún al primer horno. Actualmente con los finales de carrera se regula los tiempos de permanencia para que de esta forma los hornos de calentamiento siempre tengan un tubo para trabajo. Se espera que esto

aumente la velocidad de producción en conjunto con la actividad descrita anteriormente.



Figura 65: Acampanadora con dos tubos de trabajo aprovechando los tiempos de producción

Fuente: Darwin Moya



Figura 66: Sensores finales de carrera para decisión de los tiempos de actuación en hornos

Fuente: Darwin Moya

- Para los demás parámetros como son tiempos de funcionamiento, aumento de velocidad de producción y reducción de desperdicios, se espera que el manual de operaciones contribuya, puesto que la el arranque de la línea resulta una de las partes más crítica ya que si se genera un daño en el equipo por una falta de inspección o una excesiva generación des scrap por falta de calidad en la generación del producto no solo representa pérdida de material, si no económica y más valiosa aun de tiempo improductivo. Si se estandariza el arranque las posibilidades de un fallo de producción se reducen.

Para contrastar todas las alternativas mencionadas y los análisis ejecutados, se detalla a continuación el OEE diario generado para el mes de febrero 2017, una vez que se han implementado las observaciones mencionadas en la parte superior. Siguiendo el esquema de cálculo presentado en el Capítulo IV se ejecuta las operaciones necesarias.

Tabla 20: Registro OEE diario para el mes de febrero de 2017

Mes de Febrero									
Fecha	TD (h)	TF (h)	PR (kg)	C (kg/h)	D (kg)	d	r	c	OEE
1/2/2017	24	24	12485.38	700	20.94	1.00	0.74	1.00	0.74
2/2/2017	24	24	10089.52	700	86.90	1.00	0.60	0.99	0.60
3/2/2017	24	23	12453.42	700	55.80	0.96	0.77	1.00	0.74
4/2/2017	24	24	11603.67	700	33.78	1.00	0.69	1.00	0.69
5/2/2017	24	24	12608.97	700	5.36	1.00	0.75	1.00	0.75
6/2/2017	24	22	12419.75	700	46.57	0.92	0.81	1.00	0.74
7/2/2017	24	24	11896.05	700	137.54	1.00	0.71	0.99	0.70
8/2/2017	24	24	12035.70	700	5.16	1.00	0.72	1.00	0.72
9/2/2017	24	23	9323.73	700	78.62	0.96	0.58	0.99	0.55
10/2/2017	24	24	7078.74	700	282.01	1.00	0.42	0.96	0.41
11/2/2017	24	24	11237.20	700	53.80	1.00	0.67	1.00	0.67
12/2/2017	24	22	4721.36	700	33.40	0.92	0.31	0.99	0.28
13/2/2017	24	24	7154.52	700	173.75	1.00	0.43	0.98	0.42
14/2/2017	24	24	7840.02	700	8.53	1.00	0.47	1.00	0.47
15/2/2017	24	23	8116.08	700	57.16	0.96	0.50	0.99	0.48
16/2/2017	24	24	12625.13	700	52.50	1.00	0.75	1.00	0.75
17/2/2017	24	24	14636.40	700	52.08	1.00	0.87	1.00	0.87
18/2/2017	24	22	9897.87	700	137.25	0.92	0.64	0.99	0.58
19/2/2017	24	24	11503.00	700	32.70	1.00	0.68	1.00	0.68
20/2/2017	24	24	10698.28	700	7.83	1.00	0.64	1.00	0.64
21/2/2017	24	23	3258.63	700	238.15	0.96	0.20	0.93	0.18
22/2/2017	24	24	8031.25	700	546.15	1.00	0.48	0.94	0.45
23/2/2017	24	24	8093.48	700	155.22	1.00	0.48	0.98	0.47
24/2/2017	24	22	10959.93	700	62.12	0.92	0.71	0.99	0.65
25/2/2017	24	24	10826.94	700	122.99	1.00	0.64	0.99	0.64
26/2/2017	24	24	12553.38	700	159.60	1.00	0.75	0.99	0.74
27/2/2017	24	23	7579.40	700	259.50	0.96	0.47	0.97	0.44
28/2/2017	24	24	10414.50	700	190.96	1.00	0.62	0.98	0.61
								Promedio	0.59

Fuente: Tigre S.A.

Elaborado por: Darwin Moya

Los resultados son los esperados, se puede observar que los tiempos de producción fueron más estandarizados al igual que el tiempo invertido en la verificación previa al arranque del equipo, generó un aumento en la disponibilidad del equipo.

Se verifica que los cambios realizados en el equipo como son los realizados en los finales de carrera de la acampanadora y el enfriamiento por agua aumentaron considerablemente la velocidad de producción por ende la cantidad generada en producto final.

Se observa reducción en la cantidad de Scrap generado por el arranque del equipo, las inspecciones previas y la estandarización de las actividades establecidas en el manual tienen un impacto positivo en la ejecución diaria de las actividades. Hay que destacar que los desperdicios no pueden ser eliminados al 100% puesto que de una u otra manera siempre existirá un desperdicio por mínimo que sea.

Se obtuvo una mejora del indicador OEE para la línea productiva, si bien aún no se ha alcanzado el parámetro de aceptación es un buen inicio para que con el tiempo se vean mejores resultados en la productividad de la empresa.

Conclusiones

- Puesto que fundamentalmente se busca que el OEE mejore, se presentan las alternativas de solución que se esperan que modifiquen los parámetros productivos positivamente, uno de ellos y el más importante es la generación de un manual de arranque de línea de extrusión de PVC.
- La estandarización de actividades hace que el conocimiento empírico bajo el cual ha estado trabajando el operador sea borrado y que el orden de las operaciones minimice la producción de operaciones y tiempos muertos.
- La identificación de los puestos de trabajo auxiliares para el mantenimiento de línea y las acciones que deben realizar son vitales puesto que muchas veces el operador intenta reparar el problema por si solo sin generar una comunicación a los demás departamentos, lo que puede generar un mayor tiempo en la solución del problema o más grave aún ocasionar un daño de equipo
- El análisis de las variables que deben ser atacadas para una mejora del OEE son primordiales puesto que enfoca y dirige de mejor manera para garantizar que las soluciones propuestas tengan un impacto positivo en la producción.

Recomendaciones

- Se recomienda obtener el análisis posterior de OEE del trimestre de manera que se pueda comprobar que el parámetro OEE haya mejorado. Las soluciones mejoradas sin duda que generan un impacto positivo, sin embargo sería extremadamente positiva que esta mejora se pueda cuantificar en cuestión numérica.
- La aplicación del manual de operaciones para el arranque de la línea debe ser socializado por los mandos de supervisión y jefatura con el propósito de que sea avalado y el operador reciba la mejor inducción para que realice las operaciones secuencialmente sin saltar pasos,
- Se recomienda al lector que para la elaboración de manuales de operación se siga una metodología que facilite la identificación de los procesos industriales que se involucran en la cadena productiva. Empaparse del funcionamiento es vital para que se pueda comprender que es lo que necesita la empresa para la mejora de su productividad.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Administración de la cadena de suministro*. (12 de noviembre de 2014). Obtenido de <https://admoncadenasum.wordpress.com/2014/11/12/reduccion-del-tiempo-de-ejecucion-de-un-proceso/>
- Alvarez Moro, O. (05 de 11 de 2008). *El blog Salmón*. Obtenido de <https://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-es-la-productividad>
- Arbelaez Restrepo, A. (2010). Condiciones curriculares favorables para la construcción de una propuesta pedagógica inclusiva para niños con necesidades especiales de la Fundación Lupines. *Corporación Universitaria Lasallista*.
- Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Universidad de Alicante.
- Chamorro Enríquez, D., & Acosta Chango, C. (2016). *Estudio e Implementación de un Sistema de Automatización para el Incremento del OEE en un Pulpo Serigráfico*. ESPOCH.
- DefiniciónABC*. (06 de diciembre de 2016). Obtenido de <http://www.definicionabc.com/economia/productividad.php>
- Friego, E. (s.f.). *Foro de Seguridad*. Recuperado el 06 de diciembre de 2016, de <http://www.forodeseguridad.com/artic/rrhh/7011.htm>
- Guano Moreno, R., & Rosero Garzón, M. (2015). *Incremento del OEE en una inyectora de plástico basándose en la repotenciación del sistema de control*. ESPOCH.
- Guayta López, C., & Chimbo Cunalata, H. (2009). *REINGENIERÍA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA HOLVIPLAS S.A.* Riobamba: Epoch.

Guerra Garcia, C. (s.f.). *Academia*. Recuperado el 06 de diciembre de 2016, de http://www.academia.edu/9321409/CAPACIDAD_TOTAL_o_CAPACIDAD_OPERATIVA

Guías empresariales. (s.f.). Recuperado el 10 de 03 de 2017, de Instituto Nacional del Emprendedor:
<http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=104&giro=10&ins=985>

Indibay, E. (10 de 03 de 2017). Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/extrusion-process-erkan-indibay-www-zirvepolimer-com>

Mantenimiento Planificado. (s.f.). Obtenido de <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20AUT%C3%93NOMO.pdf>

Pipes, S. P. (10 de 03 de 2017). Obtenido de http://www.sangir.in/pro_pph_process.html

plásticos, T. d. (06 de diciembre de 2016). Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Retos en suply chain. (06 de diciembre de 2016). Obtenido de <http://retos-operaciones-logistica.eae.es/2014/07/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla.htm>

Salazar Lopez, B. (06 de diciembre de 2016). *Ingeniería Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/que-es-ingenier%C3%ADa-industrial/>

UMSS Facultad de Ciencias y Tecnología. (08 de diciembre de 2016). Obtenido de <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-17.pdf>

Vega Arrega, J. (12 de 03 de 2008). *Gestiopolis*. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de <http://www.gestiopolis.com/control-de-calidad/>

Wikipedia. (01 de 01 de 2017). *Eficiencia general de los equipos*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_general_de_los Equipos

Work Meter Buen Trabajo. (13 de 09 de 2012). Recuperado el 06 de diciembre de 2016, de <http://es.workmeter.com/blog/bid/220082/C-mo-reducir-gastos-en-una-empresa>

ANEXOS

Anexo 1

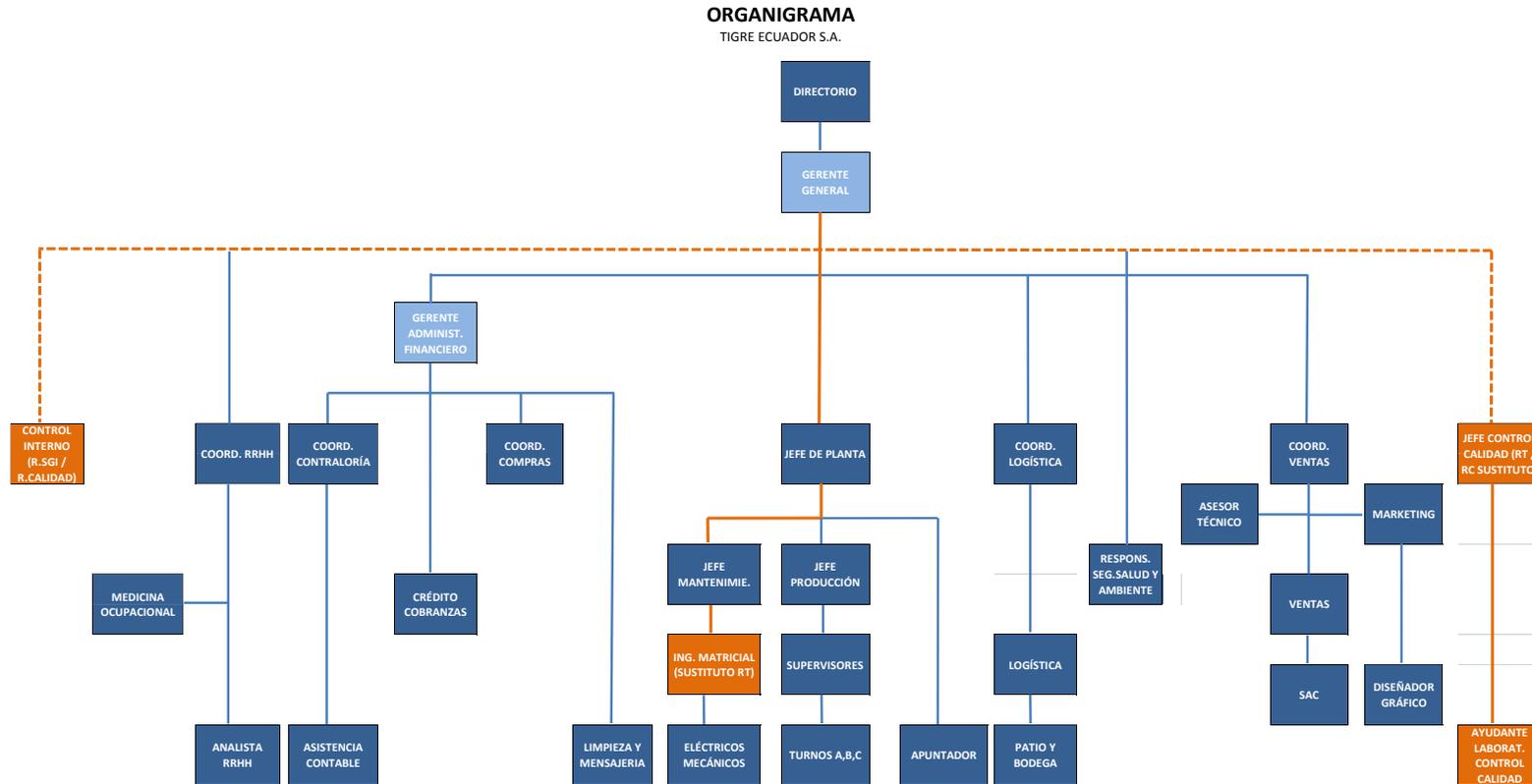


Figura 67: Organigrama propuesto para la empresa Tigre S.A.

Elaborado por: Tigre SA

Anexo 2

Tabla 21: Resumen de OEE diario, noviembre y diciembre 2016

Fecha	TD (h)	TF (h)	PR (kg)	C (kg/h)	D (kg)	OEE
01/11/2016	24	23	9.387,50	700	31,26	0,56
02/11/2016	24	23	7.944,50	700	120,69	0,47
03/11/2016	24	24	9.024,22	700	74,4	0,53
04/11/2016	24	24	8.790,66	700	45,04	0,52
05/11/2016	24	24	9.850,76	700	8,51	0,59
06/11/2016	24	24	9.408,90	700	69,5	0,56
07/11/2016	24	24	10.081,40	700	205,28	0,59
08/11/2016	24	24	10.746,16	700	8,9	0,64
09/11/2016	24	22	8.399,75	700	145,6	0,49
10/11/2016	22	22	5.362,68	700	397,2	0,32
11/11/2016	24	24	8.848,19	700	89,66	0,52
12/11/2016	19	19	4.035,35	700	60,72	0,3
13/11/2016	24	24	5.503,48	700	234,8	0,31
14/11/2016	24	23	6.030,78	700	16,1	0,36
15/11/2016	24	18	6.707,50	700	105,85	0,39
16/11/2016	24	24	9.637,50	700	105	0,57
17/11/2016	24	24	10.454,57	700	89,8	0,62
18/11/2016	24	24	7.672,76	700	196,07	0,45
19/11/2016	24	23	8.848,46	700	48,8	0,52
20/11/2016	24	24	8.769,08	700	14,5	0,52
21/11/2016	21	18	2.450,10	700	410,6	0,14
22/11/2016	24	24	6.748,95	700	941,63	0,35
23/11/2016	24	21	6.634,00	700	238,8	0,38
24/11/2016	24	23	8.629,87	700	112,94	0,51
25/11/2016	24	24	9.098,27	700	186,35	0,53
26/11/2016	24	24	9.963,00	700	280	0,58
27/11/2016	24	24	5.875,50	700	519	0,32
28/11/2016	24	24	7.950,00	700	276,75	0,46
29/11/2016	24	24	8.475,00	700	371	0,48
30/11/2016	24	23	7.411,65	700	482,45	0,41
01/12/2016	24	21	6.413,40	700	199	0,37
02/12/2016	24	24	9.360,00	700	187	0,55
03/12/2016	5	5	1.638,00	700	140	0,43
04/12/2016	24	24	6.620,81	700	225,94	0,38
05/12/2016	24	20	4.561,98	700	86,08	0,27
06/12/2016	24	24	4.727,10	700	177,8	0,27
07/12/2016	24	23	4.556,80	700	399,6	0,25
09/12/2016	16	16	2.713,60	700	326	0,22
10/12/2016	24	24	5.299,20	700	134,4	0,31
11/12/2016	24	24	6.000,00	700	80	0,35
12/12/2016	24	23	6.192,58	700	102	0,36
13/12/2016	24	24	5.314,49	700	289	0,3
14/12/2016	18	18	2.918,33	700	475,72	0,2
15/12/2016	24	21	3.083,10	700	626,89	0,15
16/12/2016	24	20	4.066,10	700	154,32	0,23
17/12/2016	24	19	5.679,72	700	90,72	0,33
18/12/2016	24	24	3.803,20	700	115	0,22
19/12/2016	24	24	5.225,32	700	29,24	0,31
20/12/2016	24	24	5.085,41	700	58,56	0,3
21/12/2016	24	24	4.800,77	700	79,04	0,28
22/12/2016	24	24	5.114,26	700	0	0,3
23/12/2016	24	22	4.428,12	700	24	0,26
24/12/2016	24	23	2.413,97	700	306	0,13
25/12/2016	24	20	3.883,32	700	40	0,23
26/12/2016	24	23	3.960,00	700	52,91	0,23
27/12/2016	24	24	3.889,70	700	20	0,23
28/12/2016	24	24	3.838,60	700	8,08	0,23
29/12/2016	24	24	4.098,68	700	98,5	0,24

Elaborado por: Darwin Moya

Anexo 3

Fotos de zona de embarque



Figura 68: Zona de acampanadora y despacho de tubos

Fuente: Darwin Moya



Figura 69: Recepción de Tubos Procesados

Fuente: Darwin Moya



Figura 70: Protección de los hornos de acampanadora a alta temperatura

Fuente: Darwin Moya

